ÉTUDE DU CIEL,

OU

CONNAISSANCE

DES PHÉNOMÈNES ASTRONOMIQUES,

Mise à la portée de tout le monde.

ÉTUDE DU CIEL,

OU

CONNAISSANCE

DES PHÉNOMÈNES ASTRONOMIQUES,

Mise à la portée de tout le monde.

OUVRAGE ÉLÉMENTAIRE,

Dont on a eu soin d'écarter toute démonstration mathématique.

On y a joint une méthode simple et facile pour apprendre à connaître les constellations de soi-même, et sans autre secours.

Par J.h MOLLET, *de l'Académie de Lyon, Professeur de physique et de mathématiques.*

A LYON,

Chez les FRERES PERISSE, grande-rue Mercière, N° 15.

AN XI. — 1803.

PRÉFACE.

Un nouveau livre sur la connaissance du ciel paraît d'abord une chose peu nécessaire. Nous possédons en effet sur cette matière des ouvrages d'une perfection au dessus de tous les éloges. L'*Histoire de l'Astronomie* , chef-d'œuvre de littérature , aussi bien que de science , présente l'instruction la plus agréable en même temps , et la plus solide. L'origine de l'Astronomie et ses premiers progrès , les efforts de l'esprit humain , et sa marche d'abord incertaine , les découvertes étonnantes des anciens , et les succès encore plus merveilleux des modernes , tout y est tracé dans le plus bel ordre , et de manière à conduire le lecteur depuis les premiers élémens de la science , jusqu'aux connaissances les plus sublimes. Mais cet ouvrage admirable est par malheur trop étendu pour avoir un grand nombre de lecteurs ; et malgré son mérite éminent , il demeure comme enseveli dans les bibliothèques. On se figure sans raison que

la lecture doit en être difficile et rebutante : on semble ignorer que son illustre et malheureux auteur a su écarter avec adresse toutes les épines de la science et qu'à l'intérêt naturel de la chose, il a joint tout l'intérêt que peut inspirer un style toujours élégant et noble.

L'Astronomie de M. Lalande, ouvrage plus didactique et non moins parfait, embrasse toutes les parties de la science du ciel, et ne laisse rien à desirer sur aucune d'elles. Les phénomènes célestes, et leur explication, les méthodes d'observation et celles de calcul, la description des instrumens et leur usage, tout y est exposé avec une extrême clarté, et d'un style toujours coulant et facile. Ce livre est le dépôt de toutes les connaissances astronomiques : c'est le manuel de tous les astronomes : c'est-là que vont chercher l'instruction tous ceux qui veulent s'appliquer à la science du ciel ; et l'on peut dire que son savant auteur sera long-temps le premier et le seul maître de tout ce qui se formera d'astronomes en France.

Mais cet excellent ouvrage est fait pour

les savants, et non pour les simples amateurs : il ne peut convenir à ceux qui n'ont ni le temps, ni le dessein de se livrer à une étude profonde de l'astronomie. L'intéressant abrégé que l'auteur lui-même en a donné, est encore capable de décourager par la grosseur du volume, et parce qu'il exige dans plusieurs de ses parties la connaissance de la géométrie. L'*Astronomie des Dames*, du même auteur, excellente pour donner quelques légères notions de cette science sublime, peut paraître insuffisante à ceux qui cherchent une instruction plus étendue : de façon que, pour une certaine classe de lecteurs, l'un de ces ouvrages est peut-être trop long, et trop savant, et l'autre trop court et trop élémentaire.

Il est encore sur le même sujet un ouvrage plus moderne, jouissant de la célébrité la plus grande, et la mieux méritée : c'est *l'Exposition du système du monde*, par M. de la Place. Mais ce grand géomètre qui a perfectionné toutes les théories célestes, qui a ramené aux lois de l'attraction les inégalités des astres, et assujetti

au calcul le phénomène des marées, paraît avoir écrit principalement pour les savants, ou pour faire des savants : son ouvrage solide et profond ne peut convenir qu'à un petit nombre de lecteurs ; et la plupart des amateurs ne sauraient y puiser la connaissance des phénomènes astronomiques. (1) Il m'a donc paru qu'un livre qui tiendrait comme le milieu entre ceux qui sont trop savants et ceux qui sont trop superficiels, pourrait être de quelque utilité, soit aux jeunes gens qui suivent encore la carrière de leurs études, soit aux personnes plus âgées, qui ne craignent pas d'acheter par un peu d'application des connaissances solides.

Tel est le motif qui m'a déterminé à publier cet ouvrage : telle est l'espérance qui m'a conduit. J'ai voulu répandre des connaissances que je crois utiles, et dont il me semble que l'ignorance a quelque chose de honteux. J'ai cru pouvoir mettre ces

---

(1) M. Hassenfrats a publié dernièrement un fort bon ouvrage, intitulé, *Physique céleste*, qui est extrait de celui de M. de la Place, et qui suppose des connaissances mathématiques que j'ai eu soin d'écarter de celui-ci.

connaissances à la portée de tous les esprits appliqués, de tous les amis de l'instruction. Le succès m'apprendra si je me suis trop flatté. Au reste ce livre pourrait être considéré comme un second abrégé de celui de M. Lalande : c'est principalement dans les ouvrages de cet illustre savant que j'ai puisé les choses intéressantes que celui-ci renferme : c'est à lui que j'en fais ici hommage ; et je desire que ce témoignage de ma reconnaissance puisse lui être agréable.

Dans l'ouvrage que je présente aujourd'hui au public, j'ai cru devoir faire usage de la très-ancienne division du cercle en 360 degrés ; premièrement, pour ne pas être, pour ainsi dire, en opposition avec les ouvrages plus profonds qui m'ont fourni les matériaux de celui-ci ; et en second lieu, pour ne pas embarrasser ceux de mes lecteurs qui ont déjà quelques connaissances sur ce sujet. Des motifs particuliers ont fait introduire dans ces derniers temps une division nouvelle en 400 degrés : mais la plupart des savants français et étrangers paraissent peu disposés à

admettre une nouveauté qui présente de très-grands inconvéniens, et persistent à préférer et à employer la division en 360 degrés. Voici au reste quelques-unes des raisons qui motivent la préférence donnée à la division ancienne.

Quoiqu'on ne sache pas au juste ce qui détermina les premiers astronomes à diviser la circonférence du cercle en 360 degrés, il paraît probable que ce qui décida leur choix en faveur de ce nombre, ce fut la grande facilité qu'il présente pour avoir sans fraction différentes portions *aliquotes* de la circonférence. En effet, la circonférence entière étant de 360 degrés, la moitié de la circonférence est de 180; le tiers de 120; le quart, de 90; le cinquième, de 72; le sixième, de 60; le douzième, de 30; le quinzième, de 24; le vingt-quatrième, de 15, etc. Or le nombre 400, n'ayant pas autant de diviseurs, ne peut présenter le même avantage à cet égard: on ne saurait en avoir ni le tiers, ni le sixième, ni en général aucune partie exprimée par un multiple de 3. Le nombre 400 exclut, donc la division par 3, qui est

la division la plus simple après la division par 2 ; et c'est là un grand inconvénient résultant du choix qu'on a fait de ce nombre.

En second lieu, la division géométrique et naturelle du cercle en six parties égales, par le moyen du rayon, concorde avec la division de 360 degrés, dont elle a été peut-être la première origine. Il convenait que le nombre des parties de la circonférence fût divisible par 6, puisque le rayon donnait en effet la sixième partie de cette circonférence. Mais le nombre 400, qui ne se divise point par 6, ne peut présenter le même accord. Ce nombre a été choisi par des motifs qui n'ont aucune relation avec la nature du cercle : on s'est proposé seulement de simplifier quelques opérations de calcul, sans s'inquiéter de mettre la mesure en rapport avec la chose mesurée.

Troisièmement, la division ancienne est encore en parfaite correspondance avec la division du temps adoptée par toutes les nations. Par-tout la durée du jour est composée de 24 heures. Or ce qui détermine cette durée du jour, c'est la révolution des astres : cette révolution paraît se faire dans un

cercle, dont nous occupons le centre. Il était donc naturel que le cercle et le temps fussent divisés de même. Ainsi le jour est partagé en 24 portions, d'une heure chacune, et le cercle en 24 parties, chacune de 15 degrés. Cette correspondance ne saurait encore avoir lieu avec la nouvelle division du cercle en 400 parties : la révolution des astres qui fait le jour, et le jour lui-même, sont divisés de deux manières à peu près incompatibles.

Si à ces considérations importantes, l'on ajoute le rapport approché des 360 degrés du cercle aux 365 jours de l'année, la très-grande ancienneté de cette division, et l'universalité de son usage ; si l'on a égard à la confusion résultante d'une innovation qui ne saurait être générale, à l'embarras extrême de réformer toutes les longitudes et les latitudes de la terre et du ciel, à la nécessité de refaire, pour ainsi dire, tous nos livres ; on jugera, je pense, comme moi, que l'ancienne division du cercle mérite d'être conservée, comme nous avons conservé l'ancienne division du jour en 24 heures.

DISCOURS PRÉLIMINAIRE.

L'HOMME est de toutes parts environné de prodiges et de bienfaits : par-tout où il porte ses regards, soit qu'il descende en lui-même, soit qu'il parcoure la terre, son domaine, soit qu'il s'élève dans le ciel, sa patrie, par-tout il voit éclater la puissance et la bonté de la nature : tout est fait pour émouvoir son cœur, pour élever son ame, et agrandir son intelligence ; l'inconcevable composition de son être, les riches productions d'un sol fertile, la masse énorme des montagnes, la vaste étendue des eaux, l'immensité de la sphère céleste.

Mais de toutes les merveilles que la nature nous offre sans cesse, il n'en est point qui excitent une admiration plus vive et plus générale, que celles qu'étale à nos yeux cette voûte immense, étendue comme un riche pavillon au dessus de la demeure de l'homme. Il est des beautés naturelles plus touchantes, parce qu'elles se rapportent plus immédiatement à nos besoins : il en est qui ont quelque chose de plus imposant, parce qu'elles nous font sentir de plus près notre faiblesse et la fragilité de notre existence : mais il n'en est point qui réunissent tant de grandeur et de magnificence, qui inspirent plus d'admiration et de curiosité, qui communiquent à l'ame autant

d'élévation et d'enthousiasme. Ce globe de feu qui inonde la terre de lumière pendant le jour, cet astre moins brillant qui supplée par une clarté plus douce à l'absence du premier, et ces feux innombrables qui parent d'une manière si riche l'obscurité de la nuit ; tous ces sublimes objets ont dans tous les temps attiré les regards des hommes, et excité en eux une admiration profonde. Les sages de tous les pays en ont fait l'objet de leurs méditations et de leurs études. Des peuples célèbres de l'antiquité ont adressé leur culte et leurs hommages à l'armée brillante du ciel. Le sauvage, malgré sa stupide insouciance, a connu la constellation de l'Ourse, et sur la foi de ce guide céleste, il parcourt ses immenses déserts. L'habitant grossier de nos campagnes a remarqué la marche silencieuse des astres, et sait en faire usage pour mesurer le temps. Tous les hommes enfin sont touchés de la grandeur, de la beauté du spectacle que leur offre le ciel ; et si l'habitant des villes y semble moins sensible, c'est qu'il s'est éloigné de la nature ; c'est qu'il est continuellement absorbé par des besoins qu'il s'est créés lui-même.

Rien n'est donc fait pour captiver l'esprit de l'homme, comme l'immense tableau des merveilles célestes. C'est dans le ciel que le Tout-puissant s'est plu à manifester toute sa grandeur et toute sa gloire. Il a orné cet univers d'une beauté

inaltérable, impérissable, et qui n'est soumise à aucun des accidens funestes, qui flétrissent si souvent les beautés de la terre. C'est là que la Souveraine Sagesse brille avec plus d'éclat : c'est là que règnent les idées sublimes de l'ordre et de l'harmonie. Dans cette multitude innombrable de corps célestes, tout est prodige et magnificence : tout est régularité et proportion : tout annonce une Puissance infiniment féconde dans la production des êtres, infiniment sage dans leur ordonnance.

Mais ce magnifique spectacle n'est pas exposé sans cesse à nos regards, pour n'être que l'objet d'une admiration stérile, et d'une contemplation oiseuse. Non : le ciel a plus d'un rapport avec les besoins de l'habitant de la terre ; et l'étude de cette sublime conception de la Divinité, devait apporter à l'homme plus d'une utilité. C'est dans le ciel que nous avons trouvé le moyen de saisir le temps dans la rapidité de sa course : c'est par le ciel que nous avons appris à connaître le lieu de notre séjour passager : c'est le ciel enfin qui nous a permis d'en parcourir l'étendue à notre gré.

L'origine de l'Astronomie date du même temps que celle de l'agriculture et de la société. Avant qu'ils eussent commencé à cultiver la terre, avant qu'ils se fussent réunis pour être plus forts contre les dangers qui les assiégeoient de toutes parts, sans prévoyance de l'avenir, peu jaloux de conserver la mémoire des événemens passés, les hommes

se contentaient de la division naturelle du temps que leur fournissaient le lever et le coucher du soleil. Mais lorsqu'ils sentirent la nécessité d'avoir des époques fixes pour leur différents travaux, lorsque leur réunion en société leur eût donné de nouveaux besoins et de nouveaux rapports, ils se tournèrent alors vers le ciel, et commencèrent à l'étudier.

L'on observa d'abord certaines étoiles plus brillantes que les autres, et l'on remarqua le temps où on cesse de les appercevoir dans le ciel, lorsqu'elles se trouvent trop près du soleil, et déjà enveloppées de ses rayons, et celui où elles commencent à redevenir visibles, après s'en être dégagées. Cette apparition et cette disparution des étoiles étaient des signaux qui indiquaient aux premiers hommes à quelle espèce de travail ils devaient se livrer. Les anciens auteurs parlent fréquemment de ces deux époques, qu'ils appellent le lever et le coucher *héliaque* des étoiles. La connaissance des étoiles fesait donc alors toute l'astronomie des hommes, comme elle fait encore aujourd'hui toute celle des habitants de la campagne. On sait qu'à l'inspection seule du ciel, ils peuvent, au milieu de la nuit, savoir de combien le lever du soleil est encore éloigné ; connaissance qui manque totalement aux habitants des villes, parce qu'ils s'avisent rarement de lever les yeux au dessus d'eux.

Cependant cette première division du temps étant accompagnée de beaucoup d'incertitude, et n'étant d'ailleurs annoncée par rien de frappant, on s'attacha bien-tôt à connaître les mouvemens de la lune, qui est de tous les corps célestes le plus remarquable par la rapidité de sa marche, et la variété des formes qu'il prend à nos yeux. Les premiers peuples comptèrent d'abord par *lunaisons*; et cet usage, plusieurs peuples modernes l'ont conservé, et le suivent encore. Chaque nouvelle lune était une époque intéressante, qu'on célébrait par des fêtes; et cette époque était fixée au premier moment, où l'on pouvait appercevoir la lune au couchant le soir après que le soleil est descendu au dessous de l'horison.

Mais dans les premiers temps de l'astronomie, on s'apperçut bientôt que la lune ne pouvait pas fournir une mesure du temps convenable aux besoins de la société. En effet, les mouvemens de cet astre n'ont aucune relation nécessaire avec les travaux de la campagne. C'est le soleil qui fait les différentes saisons: c'est lui qui apprend à l'homme quand il faut ouvrir le sein de la terre, et lui confier la semence: c'est le soleil qui fixe le temps où il doit recueillir le fruit de ses sueurs. Les premiers hommes ne tardèrent donc pas à tourner leur attention vers cet astre. Ils reconnurent la position de la route qu'il paraît suivre dans le ciel. Ils la divisèrent en douze parties égales, aux-

quelles ils imposèrent des noms, en apparence pris au hasard, parce que les motifs de ces dénominations ne nous sont pas connus. Cette division du *Zodiaque* en douze *signes* est de la plus haute antiquité. On la trouve chez tous les peuples qui ont eu une astronomie, avec quelque différence cependant dans les noms et les figures de plusieurs de ces signes.

Les anciens astronomes déterminèrent aussi le temps qu'il faut au soleil, pour faire dans le ciel une révolution entière, et revenir au même point d'où il était parti. Mais cette détermination ne fut pas alors d'une grande exactitude. L'on fit d'abord l'année de 360 jours seulement : elle fut ensuite de 365 jours. Du temps de Jules-César, on reconnut qu'elle devait avoir 6 heures de plus ; et de ces 6 heures ajoutées ensemble pendant quatre années consécutives, l'on fit un jour, que l'on ajouta à toutes les quatrièmes années. Enfin dans le 16e siècle, les astronomes fixèrent la révolution annuelle du soleil à 365 j 5^h 49^m. Cette détermination ne s'éloigne que de 12 secondes en excès de celle qu'ont donnée dans ces derniers temps les observations les plus exactes faites par les plus habiles astronomes.

Ce n'est donc, comme on voit, qu'après bien des siècles qu'on est parvenu à connaître avec précision le temps qu'il faut au soleil pour ramener la même saison ; et qu'on a pu prévenir pour toujours

toujours la confusion, que l'inexactitude de cette détermination jetait nécessairement dans le *calendrier*. Nous ne laisserons pas cependant ignorer qu'on a trouvé chez les Indiens, et dans les monumens qui nous restent des Egyptiens et des Chaldéens, une fixation de la durée de l'année, à très-peu près aussi exacte que celle que nous venons de donner. M. Bailli, dans son excellente *Histoire de l'Astronomie*, pense que cette découverte n'est due ni aux uns, ni aux autres de ces peuples; mais qu'elle est l'ouvrage d'un peuple beaucoup plus ancien, qui cultiva jadis l'astronomie avec succès, et de qui ceux-ci ont reçu toutes les connaissances dont on trouve des vestiges chez eux. Il faut voir dans l'ouvrage même de M. Bailli, le grand nombre de puissantes probabilités, sur lesquelles cet illustre écrivain fonde son opinion.

La marche du soleil dans le ciel n'est accompagnée d'aucun phénomène remarquable. Cet astre passe d'un signe à l'autre, sans qu'aucune circonstance frappante nous puisse rendre ce passage sensible. Il n'en est pas de même de la lune: dans l'espace d'une année, elle se perd douze fois au moins dans les rayons du soleil, et reparaît ensuite tout aussi souvent. D'ailleurs, dans le cours d'une lunaison, elle se montre à nous sous des formes si différentes, qu'elle semble destinée à nous fournir des époques plus rappro-

chées et plus faciles à saisir. Aussi tous les peuples de l'antiquité, qui avaient commencé à se servir de la lune, ne purent pas se résoudre à y renoncer totalement, et s'appliquèrent à concilier les mouvemens de cet astre avec ceux du soleil. Mais c'était-là un des problêmes les plus difficiles de toute l'astronomie ; ces mouvemens n'ayant, pour ainsi dire, aucune mesure commune entre eux. Cependant on trouve chez les Chaldéens une période *luni-solaire* de 600 ans, reconnue si exacte par les astronomes modernes, qu'elle suppose dans le peuple qui en fesait usage, un grand nombre de siecles d'observations.

C'est aussi aux orientaux que nous sommes redevables d'une période de la même espèce, mais beaucoup plus courte : c'est la période, ou *cycle* de 19 ans, qui ramène les nouvelles lunes aux mêmes jours du mois. Lorsque cette période fut apportée dans la Grèce, 430 ans avant J. C., les Athéniens en eurent tant de satisfaction, qu'ils en firent graver les nombres en or sur la place publique. L'on met aujourd'hui beaucoup moins d'intérêt à cette concordance de la lune avec le soleil : c'est ce dernier astre qui nous sert de modérateur unique. Cependant cet objet pourrait encore devenir important pour nous, si le temps et les observations confirmaient l'influence soupçonnée de la lune sur notre atmosphère.

Les premiers hommes n'ont pu avoir que des

idées fausses de la grandeur et de la forme de la terre. Mais ce qui étonne, c'est que leurs opinions, résultats irréfléchis du premier rapport des sens, se soient transmises de siècle en siècle, et soient presque arrivées jusqu'à nous. On trouve chez les peuples les plus polis de l'antiquité les erreurs les plus grossières sur cet objet, la croyance même la plus absurde. Les Grecs et les Romains s'étaient persuadés que cette partie de la terre, sur laquelle le soleil darde plus directement ses rayons, était absolument inhabitée. A Marseille, qui était l'Athènes des Gaules, Pithéas, célèbre navigateur des temps anciens, de retour d'un assez long voyage qu'il avait fait sur mer, pour donner à ses concitoyens une idée de l'éloignement des lieux où il avait osé pénétrer, leur disait : qu'il était parvenu à un endroit de la terre, où la voûte du ciel était si basse, qu'un homme ne pouvait plus s'y tenir debout.

Mais dans ces derniers temps encore, au commencement du 17e siècle, n'a-t-on pas vu un grand homme, Galilée, condamné par une assemblée, dans laquelle on aurait dû trouver des lumières, pour avoir combattu de vieilles erreurs, et reconnu la véritable forme du globe terrestre. Cependant quelques astronomes s'étaient élevés de temps en temps au dessus des absurdes opinions des peuples. La figure de la terre avait été déterminée très-anciennement, et son étendue mesu-

rée. Cette mesure se retrouve dans plusieurs anciens auteurs, exprimée par des nombres différents, mais qui s'accordent parfaitement entre eux, lorsque l'on connaît la valeur de leurs unités, comme l'a fait voir M. Bailli dans son histoire de l'astronomie ancienne. Une chose étonnera sans doute ici ; c'est que cette mesurée, exécutée depuis plusieurs milliers d'années, est à très-peu près aussi exacte que celle qui a été prise dans ce siècle-ci par les Académiciens les plus habiles, avec les instrumens les plus parfaits ; et le peuple qui avait résolu avec tant de précision le problême de la mesure de la terre, n'est à ce qu'il paraît, aucun de ceux que nous connaissons par l'histoire. C'est encore le même que ce peuple très-ancien, dont il a été déjà question deux fois. Son nom s'est perdu dans la nuit des temps : les seules traces de son existence qui nous restent, ce sont quelques résultats de ses immenses travaux astronomiques.

Quoique l'étendue de la terre soit infiniment petite, comparée au reste de l'univers, elle est encore cependant beaucoup trop grande par rapport à la petitesse de l'homme, pour pouvoir être mesurée directement. L'on n'a donc pu parvenir à la connaître que par des moyens qui ont été fournis par l'astronomie. C'est le ciel qui nous a fait connaître la terre : et il ne faut pas croire que cette connaissance ne soit propre qu'à satisfaire une

vaine curiosité. Le commerce et la navigation en ont retiré les plus grands avantages. Il est aisé en effet de sentir que le navigateur et le commerçant ont un extrême besoin de connaître les distances des lieux, et leurs positions respectives, pour ne pas tomber dans des erreurs qui pourraient leur être d'une grande conséquence. Il faut donc pour les besoins des hommes, que la terre soit connue et bien décrite; et c'est l'astronomie seule qui a pu nous donner cette bonne description du globe terrestre. Aujourd'hui, graces aux travaux des astronomes, et au courage des navigateurs, notre terre est infiniment mieux connue qu'elle ne l'a jamais été, et il nous reste bien peu de chose à desirer à cet égard.

Ce n'est pas tout : le ciel sert encore de guide à celui qui a osé s'exposer à l'inconstance des mers. Sur terre, et dans les pays policés, le voyageur trouvant des chemins tout tracés, n'a nullement besoin de consulter les astres pour reconnaître sa route. Mais sur mer, au milieu de l'immense étendue de l'Océan, comment connaîtrait-il la direction du chemin qu'il suit ? comment saurait-il en quel endroit de la terre il se trouve, si le ciel ne l'avertissait, pour ainsi dire, à chaque instant ? Le soleil pendant le jour, les étoiles pendant la nuit, lui tracent continuellement la route qu'il doit suivre, et l'empêchent de s'égarer. Cependant il reste encore ici une difficulté importante à lever.

On cherche depuis long-temps une méthode sûre et facile de trouver les longitudes en mer. (On expliquera par la suite ce que c'est.) Les astronomes en ont donné plusieurs, mais aucune n'est encore assez commode pour la pratique. D'habiles artistes ont aussi exécuté des montres assez parfaites pour remplir à peu près les besoins du navigateur à cet égard : mais ces moyens ne pouvant pas être assez répandus, le problème des longitudes n'est point encore complettement résolu. Passons à d'autres considérations.

Non-seulement l'astronomie nous a servi très utilement, en nous donnant la mesure du temps, en nous fesant connaître la forme et les dimensions de notre terre, en perfectionnant la navigation, et rendant ainsi les communications plus faciles de peuple à peuple : elle nous a rendu encore plusieurs autres services importants, et d'une nature différente, qui méritent que nous nous arrêtions aussi quelques momens à les considérer. Combien en effet d'erreurs grossières, la lumière de cette science n'a-t-elle pas dissipées ! Que de préjugés absurdes elle a déracinés ! De combien de grandes et sublimes vérités n'a-t-elle pas enrichi l'esprit humain ?

Entraînés par les premières impressions des sens, séduits par une vanité qui semble leur être naturelle, les hommes se persuadent aisément que la terre qu'ils habitent est ce qu'il y a de plus

grand et de plus beau dans l'univers ; que le soleil ne brille que pour elle ; que tous les astres ne sont en mouvement que pour la servir ; qu'elle est enfin le centre et le terme de tout ce qui existe. En vain quelques philosophes de l'antiquité avaient combattu ces orgueilleuses prétentions : leurs sublimes conceptions n'avaient pu trouver entrée dans des esprits retrécis par de vieux préjugés. La science astronomique d'ailleurs n'avait pas fait encore assez de progrès pour fournir des preuves directes, des étonnantes vérités qu'annonçaient ces hommes de génie. Aussi, même après que les disciples de Pithagore eurent pressenti le véritable systême du monde, on vit un astronome célèbre, Ptolémée, produire un systême d'astronomie fondé sur ce faux principe, que la terre était le centre de tous les mouvemens célestes. Egaré ainsi dès le premier pas, ce savant homme ne put enfanter qu'un systême imparfait, embarrassé d'une multitude de suppositions gratuites, et si étrangement compliqué, qu'il dégradait en quelque sorte l'ouvrage de l'Eternel, et le rendait indigne de sa sagesse.

Cependant le systême de Ptolémée, malgré son insuffisance et ses imperfections, règna parmi les astronomes pendant une longue suite de siècles : les savants furent ainsi pendant tout ce temps-là prévenus des mêmes préjugés que le vulgaire. Mais enfin au commencement du 16e siècle,

Copernic dévoila aux yeux de l'Europe étonnée des vérités long-temps cachées ou méconnues. Cet illustre astronome, profitant des observations faites jusqu'alors, combattit avec succès des erreurs trop respectées, et jeta enfin sur des preuves solides les fondemens du véritable système du monde. Depuis les travaux de ce grand homme, l'astronomie a pris la marche la plus rapide : Képler devina les lois des mouvemens célestes : Newton en découvrit la cause, et reconnut la nature de la force qui retient les astres dans leurs orbites: Galilée apperçut de nouveaux mondes dans le ciel. Enfin l'invention des télescopes, qui date du commencement du 17e siècle, fut l'origine d'une foule de belles découvertes, et mit le sceau à toutes celles qui avaient été faites jusques-là.

Mais quelle étonnante révolution ces sublimes découvertes ont opéré dans nos idées. La terre n'est plus aujourd'hui pour un homme instruit, l'objet central de toute la nature : elle ne fait plus qu'une petite portion d'un tout immense. Ce n'est plus pour elle seule que le soleil dispense la lumière et la chaleur : d'autres terres jouissent aussi des mêmes bienfaits. Mais que dis-je ! des millions de soleils, semés dans un espace sans bornes, éclairent et fécondent une infinité de mondes, qui nous seront inconnus à jamais. Notre terre, notre soleil, tout notre système pourraient être anéantis, et le vuide qu'ils laisseraient serait à peine sensible

dans l'univers. Pourrait on croire que ces grandes vérités n'ont eu aucune influence sur l'esprit humain ? Certes, il est aisé de comprendre qu'il a dû s'agrandir, à mesure que l'univers s'étendait devant lui; et qu'il a dû prendre aussi une idée plus juste de l'Etre suprême, et lui offrir des hommages moins indignes de sa grandeur, à proportion qu'il connaissait mieux l'ouvrage de sa souveraine Sagesse.

Outre ces premières erreurs qui déshonoraient l'esprit de l'homme, et dégradaient l'ouvrage de son Auteur, il en était d'autres plus funestes encore, et dont l'astronomie a aussi fait justice. Longtemps les hommes se sont laissés effrayer par des phénomènes purement naturels, amenés par le cours nécessaire des choses, et dont les retours périodiques sont réglés sur des lois invariables. Une éclipse de lune ou de soleil, l'apparition d'une comète, étaient alors, et sont encore aujourd'hui pour les trois quarts des peuples de la terre, le signal et l'annonce des plus grandes calamités. Un petit nombre d'hommes avaient eu, ou assez de lumière, pour connaître la véritable cause de ces phénomènes, ou assez de courage pour se mettre au dessus de ces vaines frayeurs. Mais ces lumières, ce courage, étaient une espèce de prodige; et chez les peuples les plus éclairés, la chevelure d'une comète, l'obscurcissement du soleil, étaient un sujet d'épouvante pour tout le monde.

Ces ridicules terreurs donnèrent naissance à un art plus vain et plus ridicule encore. On se persuada que les destinées des empires et des individus étaient écrites dans le ciel, et dépendaient des diverses positions des astres. Des hommes qui pensaient que tout avait été fait pour eux, avaient la faiblesse de croire que le bien et le mal étaient attachés à l'arrangement fortuit des corps célestes. Des ignorants, ou des frippons consultaient le ciel à la naissance d'un homme, et lui promettaient, suivant leurs caprices ou leurs intérêts, une bonne ou une mauvaise fortune. Les astrologues entrèrent même dans le conseil des Princes, et décidèrent à leur gré du sort des Empires. Mais depuis que l'astronomie a été plus cultivée et mieux connue, les charlatans et leur vaine science ont disparu, les puériles terreurs des hommes se sont évanouies, et la vérité a triomphé enfin de l'ignorance et de l'erreur.

Telles sont les grandes obligations que nous avons à l'astronomie : tels sont les bienfaits qu'elle a répandus sur la société : tels les services qu'elle a rendus à l'esprit humain. Cette science sublime a donc droit à tout notre respect et à toute notre reconnaissance ; et l'on conviendra sans doute que parmi les connaissances humaines, il en est peu qui méritent autant d'attacher notre esprit, et d'occuper nos momens.

TABLE

DES CHAPITRES.

AVERTISSEMENT.

Avant de commencer la lecture de cet ouvrage, il conviendra de corriger les fautes suivantes :

Pag. 87, lign. première, placé, *lisez* tracé.

Pag. 91, lign. 10, et que, *substituez* mais ces constellations et.

Pag. 85, lign. 4, fig. 9e *lisez* fig. 10e.

Pag. 116, lign. 8, 11^h 45^m 50^s, *lisez* 11^h 43^m 50^s

Pag. 141, lign. dern. *effacez ces mots*, ou même d'un sixième.

Pag. 146, lign. 12, ciel, *lisez* soleil.

Pag. 150, lign. 3, *après* horison, *ajoutez* :

Pag. 211, lign. 1, *après* passage, *ajoutez* dans.

Pag. 227, lign. 27, *lisez* la longitude comme l'ascension droite.

Pag. 232, lign. 24, le mouvement, *lisez* leur mouvement.

Pag. 338, lign. 2, un trente-troisième, *lisez* un 230^e

Pag. 416, lign. 4, au dessus, *lisez* au dessous.

Pag. 438, lign. 21, *après* du côté, *ajoutez* du levant.

NB. Les degrés, minutes et secondes se sont trouvées indiquées quelquefois par les lettres initiales de leurs noms, et d'autres fois par les signes usités, ° pour les degrés, ′ pour les minutes, ″ pour les secondes. Ces deux notations n'indiquent ici aucune différence, et reviennent au même.

ÉTUDE



ÉTUDE DU CIEL,

OU

CONNAISSANCE

DES PHÉNOMÈNES ASTRONOMIQUES

MISE A LA PORTÉE DE TOUT LE MONDE.

On a donné le nom d'*Astres* à tous ces corps plus ou moins brillants semés dans l'espace, et qui paraissent rouler autour de nous. Notre terre même, que nous regardons comme une masse immobile et sans éclat, doit être rangée dans la même classe, comme on le verra bientôt. L'Astronomie est la science qui traite des astres. Cette science peut se diviser en deux parties bien distinctes. L'une a pour objet les mouvemens des corps célestes : elle les soumet au calcul, recherche leurs inégalités, détermine toutes leurs

circonstances, découvre dans l'avenir les différentes positions des artres, et leurs distances respectives, annonce enfin d'avance tout ce qui doit résulter de la diversité de leur marche. L'autre traite de tout ce qu'il y a de physique dans les astres; de leur grandeur, de leur distance, de leur nature, de leur action réciproque, des phénomènes qu'ils offrent à notre curiosité, et des causes de ces phénomènes.

On peut appeler la première astronomie mathématique, parce qu'elle suppose une connaissance assez profonde de la géométrie et de la science du calcul; et donner à la dernière le nom d'astronomie physique, parce qu'elle ne considère que les rapports physiques des astres. C'est celle-ci qui va nous occuper principalement : nous tirerons cependant de l'astronomie mathématique tout ce qu'elle renferme de curieux et d'intelligible, sans le secours du calcul et de la géométrie.

CHAPITRE PREMIER.

Du Ciel et de la Terre.

POUR mettre plus d'ordre dans cet ouvrage, et faire sentir en même temps combien les connaissances astronomiques sont intéressantes, et quelle vaste étendue elles ont donné tout à la fois à l'u-

nivers et à notre esprit, nous nous supposerons d'abord dans l'état où sont tous les enfans, et où se trouvent encore un si grand nombre d'hommes, qui presque tous ne portent point leur vue au-delà des simples apparences, et se persuadent volontiers que les choses sont dans la réalité ce qu'elles semblent être : mais en même temps nous commencerons à nous défier du premier rapport de nos sens, et nous chercherons à le rectifier par l'expérience, l'observation, et le secours même des lunettes et des télescopes (*a*). Il convient donc que le lecteur mette de côté tout ce qu'il peut savoir à cet égard, et qu'il se place de nouveau dans cet état d'ignorance où il a été d'abord : les connaissances qu'il doit acquérir se rangeront ainsi dans son esprit avec plus d'ordre et de facilité.

Après cette première supposition, entrons en matière, et concevons que nous sommes placés dans un lieu élevé et bien découvert, et que nous promenons nos regards au dessus et autour de nous. Dans cette position la terre nous paraîtra comme une large surface plane, avec quelques inégalités néanmoins, bornée de tous côtés ou par le ciel, ou par des montagnes plus ou moins éloignées, et au centre de laquelle il nous semblera que nous sommes placés. Quant au ciel, il aura l'air d'une grande voûte solide, d'une couleur bleuâtre, appuyée sur notre terre,

et portant dans sa concavité un grand nombre de petits corps très-brillants, et deux disques plus lumineux, plus grands, mais pourtant encore d'une assez médiocre grandeur. Examinons si le ciel et la terre sont tels qu'ils nous paraissent.

D'abord pour reconnaître l'erreur, s'il y en a dans ces apparences, changeons de place sur la terre : observons de différents endroits. Mais dans quelque sens que nous avancions, nous verrons aussi-tôt la terre s'agrandir et s'étendre devant nous : les bords du ciel sembleront s'éloigner à mesure que nous croirons nous en rapprocher. Quelque part que nous nous trouvions placés, il nous paraîtra toujours que nous sommes au milieu de la terre, et toujours à la même distance du ciel : toutes les apparences enfin seront encore les mêmes que celles qui avaient lieu dans notre première position. Ce premier essai commencera donc à nous faire suspecter le jugement que nous avions porté d'abord sur la forme et la grandeur de la terre, sur la grandeur et la distance du ciel.

Mais ce n'est pas tout : concevons qu'en nous déplaçant sur la terre, nous ayons avancé vers le nord ou le midi, régions du ciel que nous apprendrons bientôt à connaître. Supposons encore que nous ayons remarqué auparavant quelques étoiles au bord du ciel dans ces deux régions opposées. Nous observerons alors que celles du

côté vers lequel nous avons avancé, se sont élevées, et éloïgnées du bord; tandis que celles du côté opposé, se sont au contraire abaissées, et que quelques-unes sont mêmes devenues invisibles, et se sont cachées au dessous de la terre. Il peut même se faire, suivant le sens dans lequel nous aurons marché, que nous appercevions de nouveaux astres, que nous ne pouvions voir dans notre première position. Or ces effets ne sauraient avoir lieu, si la surface de la terre était plane, comme il le paraît au premier coup-d'œil, et si elle n'avait une convexité appropriée à la concavité apparente du ciel. Il est aisé de sentir en effet, que si en marchant sur la terre, nous marchions toujours sur un même plan, aucune partie du ciel visible ne pourrait se cacher à nos regards; comme aussi aucune portion jusqu'alors invisible ne pourrait se découvrir à nous. Mais puisque en changeant de position (*b*) sur le sol qui nous porte, nous pouvons voir des astres s'abaisser vers la terre et disparaître au dessous d'elle; d'autres auparavant inconnus se manifester tout à coup, et s'élever au dessus de nous; concluons-en que la surface de la terre n'est point une surface plane, mais qu'elle est courbe et convexe. C'est cette convexité qui nous dérobe certaines portions du ciel, quand nous voyageons sur la terre, et qui nous permet aussi d'en découvrir

de nouvelles qui nous étaient auparavant cachées.

Cette conséquence se trouvera confirmée par le rapport de ceux qui ont été sur mer. En effet, ils s'accordent tous à dire que la surface de la terre est convexe dans tous les sens ; que lorsque l'on se rapproche des côtes, l'on découvre le sommet des montagnes, avant d'appercevoir ce qui est à leur pied. Ils ajoutent ; que la terre est comme un globe suspendu au milieu du ciel, qui paraît en être par-tout à égale distance. Quelques navigateurs assurent même avoir fait le tour de ce globe. Des témoignages multipliés et non suspects, appuyent donc la conséquence que nous venons de tirer de nos premières observations.

Mais nous-mêmes nous pouvons encore nous convaincre par nos propres yeux de la vérité que nous cherchons à établir ici : en effet, en nous transportant sur le bord de la mer, nous remarquerons que lorsqu'un vaisseau part et s'éloigne du rivage, nous cessons de voir le corps du navire, avant de perdre de vue les voiles et les mâts. Et ce n'est point aux vagues de la mer qu'il faut attribuer cet effet, puisqu'il a lieu par les temps les plus calmes ; ni à l'éloignement du vaisseau, puisqu'on le découvrirait parfaitement bien à une distance triple ou quadruple, et que l'on apperçoit encore des objets d'un moindre volume, les voiles et les mâts. C'est donc la courbure de la mer qui cache d'abord à nos yeux

le corps du bâtiment, avant de le dérober tout entier à notre vue ; et lorsque le vaisseau a disparu totalement, c'est la convexité des eaux, et non la grandeur de la distance qui nous empêche de le voir.

Cette convexité des eaux est même sensible à l'œil, lorsque l'on est placé au bord de la mer ; et c'est elle qui empêche la vue de se porter au-delà de certaines limites, beaucoup plus rapprochées que nous ne le croirions d'abord. Il est démontré que lorsque l'on est élevé de vingt pieds au dessus du niveau de la mer, l'on ne peut découvrir qu'à deux lieues et un tiers environ (*c*) : ainsi tandis que l'on croirait que la vue peut s'étendre à l'infini sur l'océan, que les Poëtes appellent *la plaine liquide*, l'on voit qu'elle y est au contraire resserrée dans des bornes fort étroites, et dépendantes de la hauteur où l'on est élevé. C'est pour cette dernière raison que lorsqu'on est interessé à découvrir les objets sur mer, du plus loin qu'il est possible, l'on s'éleve sur quelque hauteur, si l'on est à terre, ou l'on grimpe sur les mâts, si l'on est en mer.

A toutes ces raisons qui prouvent la convexité de la terre, l'on pourrait en ajouter une dernière, moins directe à la vérité, mais qui réunie aux autres, n'en paraîtra pas moins concluante. Celle-ci se tire du mouvement journalier des astres. Nous voyons le soleil, la lune et toutes

les étoiles se lever dans une partie du ciel, traverser tout ce qui en est visible pour nous, et disparaître ensuite dans la partie opposée, pour reparaître le lendemain à l'endroit où on les avait vus la veille. Comment sont-ils donc revenus au point d'où ils étaient partis? Quelques anciens ont cru qu'ils y repassaient *incognito* par le même chemin que nous leur voyons tenir. Il est facile de sentir combien cette opinion est absurde. Ce qui se présente le plus naturellement ici, c'est que les astres font au dessous de la terre, un chemin pareil à celui qu'ils ont fait au dessus de nos têtes; et qu'ils tournent ainsi sans relâche autour de nous. Mais il résulte encore de là que le ciel a une forme sphérique, et que la terre qui semble en être le noyau, a pareillement la forme d'une sphère.

Mais, dira-t-on, si la terre est ronde dans tous les sens, si elle est comme un globe suspendu au milieu du ciel et sans appui, comment cette masse si lourde se soutient-elle toute seule et d'elle-même? comment n'est-elle pas précipitée par son propre poids, tandis que nous voyons les corps les plus légers tomber aussi-tôt qu'ils cessent d'être appuyés? Cette difficulté qui se présente d'abord, lorsqu'on réfléchit pour la première fois sur cette matière, tient uniquement à la similitude que nous établissons entre le globe terrestre, et les corps que nous voyons à sa surface. Sans doute il n'en est aucun de ceux-ci

qui n'ait besoin d'appui, et qui ne se précipite vers la terre, si-tôt qu'il est abandonné à lui-même : mais c'est qu'il fait, pour ainsi dire, partie de cette terre ; c'est qu'il est soumis à une loi qui l'y retient, malgré tous les efforts qui tendraient à l'en séparer, et qui l'oblige de s'en rapprocher le plus qu'il est possible, dès qu'il en a la liberté. Or nous ne connaissons encore aucune loi semblable pour la terre : il n'existe encore aucun corps connu de nous, dont elle soit dépendante, comme les corps terrestres le sont de la terre. Elle n'a donc pas besoin d'être soutenue, puisqu'aucune force ne tend à l'entraîner : elle demeure suspendue dans l'espace, comme il arriverait à un corps placé au milieu de l'air, et que l'on supposerait soustrait tout à coup à la loi de la pesanteur.

C'est un principe incontestable, et qu'il suffit d'exposer pour en sentir toute la vérité, qu'un corps ne saurait se donner du mouvement à lui-même. Si donc une pierre placée au milieu de l'air, sans soutien, retombe vers la terre, ce n'est pas elle-même qui s'est donné ce mouvement : il lui a été imprimé par une puissance qui réside hors de cette pierre, et à laquelle on a donné le nom de pesanteur : sans cette action étrangère, la pierre fût restée immobile à la place qu'on lui avait assignée. Or c'est là le cas de la terre : elle n'a pas besoin d'appui, parce qu'aucune

force ne la sollicite à tomber. C'est au moins ce que nous supposons pour le présent : nous rectifierons par la suite ce qu'il peut y avoir d'inexact dans ceci.

Il nous reste encore un doute à lever, une difficulté à résoudre. Si notre terre a une forme sphérique, ainsi qu'il paraît prouvé, est-elle habitée ou habitable par-tout ? et dans ce cas, comment les hommes qui habitent la partie qui est au dessous de nos pieds, peuvent-ils se soutenir contre la terre ? Qu'est-ce qui les empêche de tomber vers le ciel, et de s'éloigner ainsi du globe terrestre ? Comment peuvent-ils vivre ayant les pieds en haut et la tête en bas ? Tout comme nous, leur position étant tout aussi naturelle que la nôtre. En effet, c'est à nous que nous les comparons en nous servant de ces expressions *haut* et *bas*. Mais si nous avons raison de juger en haut tout ce qui est au dessus de nos têtes, et en bas, ce qui est au dessous de nos pieds ; ils ont le même droit que nous : nous sommes également en bas pour les hommes qui habitent la partie opposée du globe, et ils ont la même peine à concevoir comment nous pouvons nous soutenir dans une situation, qui leur paraît aussi renversée et contre nature. Mais si nous rapportons, comme il le faut, notre position au globe terrestre, nous verrons que tous les hommes répandus sur sa surface, y sont tous placés de la

même manière ; que tous ont les pieds en bas appuyés contre le globe, et la tête en haut tournée vers le ciel. Le point le plus bas par rapport à la terre, c'est son centre. C'est vers ce centre que la pesanteur pousse tous les corps terrestres ; et si l'on concevait un grand puits fait au travers de la terre, dans le sens d'un de ses diamètres, tous les corps qu'on laisserait tomber dans cet abyme, s'arrêteraient lorsqu'ils seraient arrivés au milieu. C'est donc au centre de la terre qu'on doit rapporter la position et le mouvement des corps. Un corps tombe, quand il s'approche de ce centre ; il monte, quand il s'en éloigne : et de deux corps, celui qui est le plus près du centre du globe, est le plus bas ; et celui qui en est le plus éloigné, est le plus haut. D'après ces principes, la position des hommes sur la terre, et la manière dont ils se soutiennent, ne peuvent plus offrir de difficultés. Ils sont tous appliqués contre sa surface, par cette force de la pesanteur qui agit dans tous les sens, en se dirigeant toujours vers le centre : leur position est également naturelle ; et ils se soutiennent tous de la même manière.

Je ne crois pas qu'il reste après ce qu'on vient de dire, aucun doute sur la courbure de la terre. Nous pouvons donc actuellement la regarder comme un globe suspendu dans l'espace, se soutenant de lui-même, sans aucun appui, et placé

au centre d'une immense caviié sphérique, qu'on appelle le ciel. On serait d'abord tenté de donner de la solidité à ce ciel ; pour y attacher fixément les corps célestes, et de la croire de crystal à cause de sa couleur. Mais les réflexions qu'on vient de faire, nous ont déjà appris que les astres pourraient, comme la terre, se soutenir d'eux-mêmes. D'un autre côté, une observation bien commune et bien simple, prouve que cette couleur bleue que nous trouvons au ciel, est uniquement due à l'air, et ne suppose aucune solidité dans le ciel. Les montagnes, la mer et tous les objets que nous appercevons dans un grand éloignement, ont souvent cette même teinte bleuâtre. Il faut, pour que cet effet ait lieu, que ces objets soient dans l'obscurité, ou qu'ils nous renvoient très-peu de lumière, et que l'air soit en même-temps d'une assez grande pureté. Il est clair que dans ces circonstances ce n'est pas à ces objets éloignés et mal éclairés qu'il faut attribuer cette couleur bleue que nous leur voyons, mais bien à la masse d'air pur qui est placée entre eux et nous : la couleur propre de l'air devient alors sensible, parce qu'elle n'est point éteinte par une trop grande quantité de lumière réfléchie. Or ce que nous appelons le ciel, n'étant, comme on le verra par la suite, qu'un espace immence, sans corps capables de réfléchir la lumière vers nos yeux est donc dans le même

cas que ces objets lointains placés dans l'obscurité. Il doit nous paraître bleu comme eux, parce que nous le voyons aussi au travers d'un fluide, qui est lui-même doué de cette couleur. Le bleu du ciel ne suppose donc pas l'existence d'une voûte solide, telle que le vulgaire se l'imagine au dessus de la terre : cette couleur est tout simplement celle même de l'air, laquelle à cause de sa rareté, n'est sensible que sur une assez grande épaisseur (*d*). D'après ces réflexions, nous regarderons comme une chose au moins très-suspecte, cette solidité qu'au premier coup-d'œil on croirait devoir attribuer au ciel, et que bien des philosophes de l'antiquité avaient admise. Nous rencontrerons par la suite dans notre route une foule de raisons qui nous la feront rejeter comme une absurdité.

CHAPITRE II.

Des Étoiles.

QUELLE idée faut-il se faire de ces points brillants qui étincellent dans le ciel avec tant de vivacité pendant l'absence du soleil, et que la lumière du jour semble éteindre tout-à-fait ? Quelques anciens ont cru que les étoiles étaient semblables à des flambeaux, qui s'allumaient le soir

après le coucher du soleil, et qui s'éteignaient réellement le matin avant son lever. Cette opinion est trop ridicule, pour qu'on doive la réfuter sérieusement. Il est clair que la lumière des étoiles étant incomparablement plus faible que celle du soleil, ne peut être sensible que dans l'absence de cet astre; et qu'elle doit, sans cesser pourtant de luire, s'éclipser totalement, dès qu'il commence à paraître Ainsi les étoiles ne brillent pas moins pendant le jour qu'au milieu de la nuit : mais leur faible lumière est dans le premier cas imperceptible pour nos yeux éblouis par la vive clarté du soleil. Si nous pouvions nous garantir de l'impression trop forte que font sur notre organe les objets éclairés par la lumière du jour, alors nous appercevrions les étoiles à midi comme à minuit. C'est en effet ce qui aurait lieu, si l'on descendait dans un puits très-profond, d'où l'on pût appercevoir quelque partie du ciel. Un homme posté dans cette espèce d'observatoire, où nous supposons que nulle lumière étrangère ne peut arriver, s'y trouverait comme environné de l'obscurité de la nuit, et découvrirait pendant le jour les étoiles qui passeraient dans la partie du ciel visible pour lui (*e*).

Mais il n'est pas nécessaire de descendre dans les entrailles de la terre pour appercevoir les étoiles pendant le jour. On peut au moyen d'un bon télescope en découvrir quelques-unes des plus bril-

lantes, lors même que le soleil est au milieu du ciel : le télescope sert tout à la fois à écarter de l'œil la lumière de cet astre, et à rendre celle des étoiles plus vive et plus sensible. Enfin, il arrive quelquefois que le soleil s'obscurcit au milieu du jour, et qu'il perd totalement sa lumière; et alors les étoiles sont visibles à la vue simple, pendant tout le temps que dure cet obscurcissement. Il résulte donc de tout cela, que le ciel est étoilé le jour comme la nuit; et que c'est uniquement la vive lumière du soleil, qui rend celle des étoiles insensible, comme elle éclipse celle de nos feux terrestres les plus brillants.

Mais quelle est l'origine de cette lumière des étoiles? la tirent-elles de leur propre fonds, ou bien l'emprunteraient-elles du soleil, qui nous paraît infiniment plus grand et plus lumineux qu'elles? nous ne pouvons répondre encore qu'indirectement à cette question. La lumière des étoiles est d'une telle vivacité, quoique très-faible, qu'il n'est pas probable que ce ne soit qu'une lumière réfléchie. Elles paraissent à nos yeux comme des corps très-brillants, et qui lancent la lumière de leur propre sein; et lorsque nous connaîtrons leur distance et celle du soleil, nous verrons qu'il est tout à fait impossible qu'elles doivent leur clarté à la lumière de cet astre. Il faut donc que les étoiles aient en elles-mêmes le principe de l'éclat dont elles brillent à nos yeux.

On remarque dans la lumière de certaines étoiles principales des couleurs différentes. Celle appelée la *Lyre* est parfaitement blanche : le *cœur du Scorpion*, l'*œil du Taureau* ont une couleur rougeâtre : *Syrius* et le *Bouvier* nous offrent les nuances de l'arc-en-ciel. Ces différences de couleur tiennent sans doute à la nature de ces astres ; et comme ils sont tout à fait hors de notre portée, nous ne pouvons pas espérer d'avoir sur cet objet des connaissances certaines.

On peut rendre plus aisément raison du tremblement qu'on apperçoit dans la lumière des étoiles, et que l'on appelle *scintillation*. On croit qu'il est dû aux vapeurs qui flottent dans l'air auprès de la surface de la terre : car l'on assure que cette scintillation n'a point lieu dans les climats où l'air est parfaitement pur, ni sur le sommet des hautes montagnes. Chacun a pu observer aussi qu'elle est plus sensible quand les étoiles sont moins élevées, et que l'air est plus chargé d'humidité. Or voici comme l'on concoit que cette cause produit la scintillation. Les vapeurs répandues dans l'air sont dans une fluctuation continuelle, parce qu'elles obéissent à tous les mouvemens du fluide qui les soutient, lequel est, comme on sait, de la plus grande mobilité. Il arrive de là qu'il passe continuellement entre notre œil et l'étoile que nous observons, de

petites

petites molécules de vapeurs, qui interceptent ou détournent à chaque instant le rayon de lumière que cette étoile nous envoye ; ce qui fait que nous la perdons de vue à tous momens, et qu'à tous momens aussi nous la voyons reparaître. C'est cette succession rapide d'apparitions et de disparutions qui fait, dit-on, la scintillation (*f*).

Cette explication qui paraît d'abord rendre une raison si satisfaisante du phénomène dont il est ici question, n'est pourtant pas aussi complette qu'on pourrait le désirer. En effet, parmi les corps célestes, il en est quelques-uns qui, à en juger par les apparences, ressemblent parfaitement aux étoiles. Ils ne sont visibles comme elles que pendant la nuit : leur petitesse apparente est la même ; et ils semblent également réduits à l'étendue d'un point lumineux. Toute la différence qu'on remarque entre eux et les étoiles, c'est que leur lumière n'est point sujette au même tremblement. Or, si la raison alléguée était la seule et véritable cause du phénomène de la scintillation, il est clair que ces astres si semblables aux étoiles, devraient scintiller comme elles. Il manque donc quelque chose ici à l'explication qu'on vient de donner ; et il paraît que c'est dans la nature même de ces corps célestes, qu'il faut chercher la solution de cette difficulté. Ces astres que le défaut de scintillation semble d'abord seul distinguer

des étoiles, en différent pourtant beaucoup, et par un point bien plus essentiel : c'est qu'ils n'ont point en eux-mêmes le principe de leur lumière. C'est du soleil qu'ils reçoivent toute celle qu'ils nous renvoient, et qui les rend visibles à nos yeux. Ils ne brillent donc que d'une lumière empruntée, réfléchie, et que cette réflexion affaiblit nécessairement, et éteint en partie ; tandis que les étoiles sont elles-mêmes le foyer d'où partent les rayons qui parviennent directemont d'elles jusqu'à nous. Cette différence importante dans la nature de ces corps célestes, doit en mettre aussi beaucoup dans la vivacité de leur lumière. Celle des étoiles sera plus vive, plus brillante, plus agitée, comme venant en droiture du corps lumineux : celle de ces astres qui sont par eux-mêmes obscurs et sans éclat, paraîtra plus pâle, plus uniforme, plus tranquille, comme ayant perdu en se réfléchissant à leur surface, la vivacité et l'agitation qu'elle avait reçues en s'échappant du sein du soleil. La scintillation paraît donc tenir aussi à la nature même de la lumière ; et ne pourrait-on pas croire que ce fluide brillant s'élance du corps lumineux, non comme un courant coutinu, mais par jets successifs et intermittents. Ceci, au reste, n'empêche pas que les vapeurs répandues dans l'atmosphère, ne puissent rendre la scintillation plus vive et plus sensible.

On a déjà supposé plus haut que les étoiles

étaient dans un grand éloignement. Serait-il possible de s'en faire quelque idée ? et n'y aurait-il pas de la folie à prétendre mesurer des objets qu'il ne nous est pas permis d'atteindre ? Les étoiles ne nous offrent que l'apparence de points brillants extrêmement petits. Sans doute qu'elles sont plus grandes qu'elles ne paraissent : car personne n'ignore, qu'un objet semble devenir plus petit à mesure qu'il s'éloigne de nous. Si la grandeur réelle des étoiles nous était connue, nous pourrions peut-être, au moyen de leur grandeur apparente, déterminer leur distance : mais grandeur, distance, tout nous est inconnu ici, et nous serions condamnés à une entière ignorance sur cet objet, si l'industrie humaine, par une de ces découvertes infiniment heureuses, ne nous avait fourni un moyen de juger au moins de la distance qui nous sépare des étoiles, s'il ne nous est pas permis de la déterminer avec justesse.

Supposons qu'il nous fût possible de quitter la terre, et de nous transporter quelques centaines, quelques millions de lieues dans l'espace qui s'étend entre nous et les étoiles ; alors si nous nous étions rapprochés d'elles d'une quantité sensible, il arriverait nécessairement que leur image nous paraîtrait agrandie. Elles seraient plus grandes à nos yeux, parce que nous les verrions de plus près ; et en comparant le chemin que nous aurions fait, avec l'augmentation de leur grandeur

sensible, nous pourrions trouver par le calcul la distance où elles sont placées. Cet avantage que nous aurions en quittant la terre, et en voyageant ainsi dans l'espace, nous pouvons nous le procurer en partie au moins, sans changer de place. Le télescope est, comme on sait, un instrument d'optique avec lequel on voit les objets de beauconp plus loin, et beaucoup plus gros qu'à la vue simple. Mais il n'augmente leur grandeur apparente, que parce qu'il diminue, pour ainsi dire, la distance qui les sépare de nous. Il y a des télescopes qui grossissent mille fois, et même davantage; c'est-à-dire donc, que les objets sont vûs au moyen de ces instrumens, comme ils le seraient à la vue simple, s'ils étaient placés à une distance mille fois plus petite. Or, si l'on se sert d'un pareil télescope pour observer les étoiles, l'on ne sera pas peu surpris de voir que l'image de ces astres, des plus brillants mêmes, et que pour cette raison nous jugerions les plus voisins de nous, ne se trouve pas le moins du monde amplifiée. Il y a plus: les étoiles vues au télescope paraissent encore plus petites qu'à l'œil nu, et d'autant plus, que l'instrument est plus parfait. Les corps lumineux regardés directement, et sans le secours d'aucun instrument, semblent toujours plus grands qu'ils ne sont en effet. Le télescope en réunissant les rayons de lumière, détruit cette illusion d'optique, que l'on

appelle *irradiation* (*g*). L'étoile la plus brillante, la plus grande en apparence, n'est plus dans une bonne lunette, que comme un point d'une étendue infiniment petite, et qui échappe à toutes nos mesures. Le télescope est donc absolument sans effets sur les étoiles (*g**); tandis qu'il grossit tous les autres objets auxquels nous pouvons l'appliquer. Mais quelle conséquence tirer d'une différence aussi marquée; si ce n'est que la distance de tous ces objets que le télescope grossit et amplifie, est diminuée plus ou moins par le secours de cet instrument; tandis que celle des étoiles ne change pas d'une manière sensible, et demeure, pour ainsi dire, la même, bien que rendue mille fois plus petite par le moyen d'une excellente lunette. Ainsi ces astres supposés mille fois plus près de nous, ne nous paraîtraient pas plus grands pour cela, et leur éloignement serait en quelque sorte toujours le même. Qu'on se fasse d'après cela, s'il est possible, une idée de l'immense et prodigieux intervalle qui les sépare de notre terre.

Il est donc constant, ce qu'on aurait été bien éloigné de soupçonner, il est constant que les étoiles sont à une distance que notre esprit a de la peine à concevoir, et qu'il refuserait d'admettre, si cette vérité n'était appuyée sur une preuve de fait, que l'on ne saurait contester. Il est aisé de conclure de là que leur grandeur

réelle doit être énorme, et leur lumière d'une extrême vivacité, pour être sensible dans un tel éloignement. Ceci se trouvera appuyé sur d'autres preuves encore dans la suite de cet ouvrage.

Arrêtons-nous un moment à considérer les grands changemens qui se sont déjà opérés dans nos idées au sujet des corps célestes. Nous avions pensé d'abord que le ciel était une voûte solide appuyée sur la terre ; que les étoiles étaient de très-petits corps attachés fixément sur la concavité de cette voûte. A présent la sphère céleste s'est agrandie indéfiniment devant nous : la solidité qu'on lui attribuait devient donc de plus en plus absurde : les étoiles sont des corps d'un volume immense, tous brillants d'une lumière qui leur appartient en propre, et placés dans un éloignement que notre imagination a peine à saisir. Quelles étonnantes nouveautés ! mais poursuivons.

Les étoiles étant à une si grande distance de notre terre, on ne sera pas surpris que nous ne puissions rien savoir de positif sur leur véritable forme. Cependant il est probable qu'elles ont une figure sphérique ; du moins tous les grands corps de la nature, la terre que nous connaissons déjà, et un grand nombre d'autres que nous ferons connaître quand il en sera temps, sont arrondis en globes. Quelques philosophes ont pensé cependant que cela n'était pas aussi général

pour les étoiles, et ils ont imaginé pour expliquer certains phénomènes, que quelques-uns de ces astres avaient une forme lenticulaire plus ou moins applatie. On a remarqué dans différentes parties du ciel, des étoiles qu'on appelle *changeantes*, parce que leur lumière n'est pas toujours la même, et qu'elle a des périodes plus ou moins régulières d'accroissement et de diminution. Il y en a même qui sont invisibles pendant un certain temps, et qui brillent ensuite pendant un autre espace de temps plus ou moins long. Enfin il a paru quelquefois dans le ciel de nouvelles étoiles, qui se sont montrées tout à coup, et qui après avoir été visibles pendant quelques mois, ont disparu presque aussi subitement et pour toujours. Ticho et Kepler, tous deux célèbres astronomes, ont été témoins de cet étrange phénomène; le premier en 1572, et le second en 1604. Selon monsieur de Maupertuis, les changemens périodiques que l'on a observés dans la lumière de certaines étoiles, peuvent venir de ce que ces astres, supposés un peu applatis, ont un balancement régulier autour de leur axe. Au moyen de ce mouvement d'oscillation, on voit qu'ils doivent nous présenter tantôt leur plus grande largeur: c'est alors qu'ils nous paraîtront le plus brillants; et tantôt leur plus petite surface: c'est dans cette circonstance que leur lumière nous paraîtra le plus affaiblie. Si l'on

suppose que cet applatissement est, dans quelques étoiles, assez considérable, pour que leur épaisseur ne puisse point être apperçue de la terre, on conçoit qu'elles nous deviendront invisibles toutes les fois que la tranche sera tournée de notre côté, et qu'elles pourront se manifester tout à coup à nous comme des astres nouveaux, lorsque par l'action d'une cause quelconque, elles viendront à tourner sur elles-mêmes, et à nous présenter leur large surface. Pour rendre raison des mêmes phénomènes, d'autres philosophes ont supposé que les étoiles qui nous offrent ces singularités, n'étaient pas également brillantes sur toute l'étendue de leur surface; et même qu'il y en avait quelques-unes dont une moitié était lumineuse et l'autre obscure. Mais l'on sent que tout ceci est purement conjectural, et qu'il n'est pas possible d'avoir rien de certain sur cet objet (*h*).

Lorsqu'on lève les yeux au ciel dans une belle nuit qui n'est point éclairée par la lune, l'on croit appercevoir des milliers, ou plutôt des millions d'étoiles. Toute la sphère céleste paraît en feu, et l'on s'imagine qu'il n'est pas possible de nombrer cette multitude d'astres, qu'on voit briller de toutes parts. Cependant si l'on circonscrit quelque portion du ciel, et que l'on essaie de compter toutes les étoiles visibles qui sont renfermées dans l'espace déterminé, on trouve

que l'entreprise de calculer le nombre des étoiles, n'est point aussi folle qu'on l'avait pensé d'abord; et que ce nombre n'est point aussi grand qu'on se l'était imaginé. En effet, dans la plus belle nuit et de l'endroit le plus découvert, à peine compterait-on douze à treize cents étoiles visibles aux meilleurs yeux, dans toute un moitié du ciel; ce qui ne ferait en tout que 2400 étoiles environ (*i*); nombre bien petit, en comparaison de ce que notre imagination avait soupçonné au premier moment, et de ce que notre œil frappé tout à la fois par l'éclat de tous ces petits corps, avait cru appercevoir. Mais si l'on fait usage d'une lunette pour observer le ciel, quelque médiocre qu'elle soit, c'est alors que l'on découvre réellement des milliers d'étoiles; et ces milliers se multiplient encore, à mesure que l'on emploie des télescopes plus parfaits. L'illustre Herschel, avec son incomparable télescope, compte dans le ciel plus de 80 millions d'étoiles. Il a conclu ce nombre, d'après celui des étoiles qu'il peut appercevoir dans le champ de cet instrument, dirigé au hasard sur différentes parties du ciel. Quatre-vingt millions d'étoiles ! et combien d'autres millions qui nous seront toujours inconnus? et qui sait si ce nombre n'est pas encore infiniment petit, en comparaison de celui des étoiles réellement existantes? Ah ! c'est à présent que l'on peut assurer que les corps célestes sont innombrables comme les sables de

la mer. C'est à présent que l'univers annonce toute la grandeur et la puissance de son Auteur.

Parmi les étoiles, il y en a qui sont plus brillantes et plus grandes en apparence que les autres. L'on peut conclure de là, ou que ces globes ne sont pas tous de la même grandeur; ou qu'ils ne sont pas tous à la même distance de la terre. L'une et l'autre de ces conjectures doit être vraie: au moins est-il sûr que dans l'espace illimité qui s'étend au-delà de notre monde, il y a des étoiles qui sont placées à des distances fort inégales de la terre. Dans certains endroits du ciel où l'œil nu n'apperçoit qu'une seule étoile, le télescope en fait découvrir deux, très-voisines l'une de l'autre. Ces deux étoiles sont donc placées par rapport à nous à très-peu près dans le même alignement, et par conséquent l'une au devant de l'autre. L'irradiation de la lumière et leur grande proximité apparente, sont cause que la vue simple les confond: mais les lunettes en détruisant cet effet, rendent sensible le petit intervalle qui les sépare. Je dis petit: mais dans le vrai cet intervalle doit être très-grand. Des corps aussi volumineux que les étoiles, ne peuvent être autant rapprochés entre eux. Si leur distance respective nous paraît donc être peu de chose, c'est que nous la voyons dans une direction trop oblique, pour la juger telle qu'elle est.

On remarque encore dans le ciel une large

bande mal terminée, et d'inégale largeur, qui le traverse tout entier, et qui se distingue par une lumière légère répandue sur toute sa surface: c'est ce que l'on appelle la *voie lactée*. L'on y découvre aussi dans quelques parties, mais seulement avec le secours des lunettes d'approche, de petites tâches blanchatres, d'une forme irrégulière, et faiblement éclairées, auxquelles on a donné le nom *d'étoiles nébuleuses*. La plus remarquable de ces nébuleuses, est celle que l'on voit dans la constellation d'Orion, et dont M. J. Lalande a donné la figure, telle que la voici, (*fig.* 1). On soupçonnait que la lumière faible et diffuse qu'on apperçoit dans ces différents endroits du ciel, était produite par un grand nombre de très-petites étoiles, que leur extrême éloignement empêchait de distinguer. Cette conjecture a été confirmée par les découvertes de Herschel, qui, au moyen du magnifique télescope qu'il a construit lui-même, est parvenu à voir ces très-petites étoiles (*k*). Le ciel n'est donc plus à présent pour nous, qu'un espace sans bornes, où sont répandus des millions de corps lumineux, dans un ordre qui nous est inconnu (*l*).

Les étoiles visibles à la vue simple, dont le nombre est assez borné, comme on l'a observé ci-dessus, ont été distribuées en différentes classes, d'après leur grandeur apparente. Il y a donc des

étoiles de la première grandeur, de la seconde, de la troisième, etc. jusqu'à la sixième grandeur : celles-ci sont à peine visibles pour les vues ordinaires. Les plus brillantes forment la première classe, qui n'en contient guère que 15 à 16 : les autres sont distribuées dans les classes suivantes à proportion de leur éclat. Il doit y avoir nécessairement un peu d'arbitraire dans cette manière de classer les étoiles : car l'œil a quelquefois de la peine à déterminer dans quel ordre de grandeur une étoile doit être placée. L'on fait cependant usage de cette distribution, toute imparfaite qu'elle peut être. Les étoiles de la première grandeur étant en fort petit nombre, ont presque toutes reçu des noms particuliers : *Syrius*, *Arcturus*, *Regulus*, ou le cœur du Lion, *Spica*, ou l'épi de la Vierge, *Aldebaran*, ou l'œil du Taureau, *Rigel*, ou le pied d'Orion, etc. Il est aussi quelques étoiles de la seconde grandeur que l'on a pareillement désignées par un nom propre.

Outre ces différentes classes d'étoiles, on a encore divisé le ciel en portions plus ou moins étendues, et toutes les étoiles renfermées dans ces espaces ainsi déterminés, ont été considérées comme formant un même grouppe, et ont reçu un nom pris à volonté, celui d'un homme, par exemple, ou d'un animal quelconque. Pour pouvoir indiquer plus particuliérement les différentes

étoiles dont chaque grouppe est composé, on a dessiné dans la partie du ciel qu'il occupe, la figure de l'objet dont il porte le nom; de façon que chaque étoile peut être désignée par la place qu'elle a dans le dessin. Si l'on a donc figuré une ourse dans quelque partie du ciel, on pourra faire connaître quelle est l'étoile dont on veut parler, en disant qu'elle est dans l'épaule ou dans la queue de l'animal. Ces grouppes ou amas d'étoiles sont ce qu'on appelle des *constellations*. Il ne faut point chercher de rapport entre les noms des constellations, et l'arrangement particulier des étoiles dont elles sont composées: ces noms ont été pour la plupart donnés au hasard, ou pour des motifs étrangers à la diposition relative des étoiles.

Les anciens qui ne connaissaient pas tout le ciel, ne comptaient que cinquante constellations. Les modernes en ont ajouté douze de plus, lesquelles sont dans une partie du ciel qui est toujours cachée à nos yeux, par une raison dont il sera parlé plus bas. Les astronomes de ces derniers temps, ont encore augmenté le nombre des constellations, parce qu'il y avoit beaucoup d'étoiles qui n'étaient pas renfermées dans les anciennes, et qu'il a fallu classer de même. Voici les noms des 50 premières constellations : *la petite Ourse*, *la grande Ourse*, *Céphée*, *le Dragon*, *Cassiopée*, *le Cigne*, *la Lyre*, *la*

Couronne boréale, *Hercule*, *le Bouvier*, *la chevelure de Bérénice*, *le Cocher*, *Persée*, *la tête de Méduse*, *Andromède*, *Pégase*, *le petit Cheval*, *le Triangle*, *le Dauphin*, *l'Aigle*, *Antinoüs*, *le Serpentaire*, *la Flèche*, *le Bélier*, *le Taureau*, *les Gémeaux*, *l'Écrevisse*, *le Lion*, *la Vierge*, *la Balance*, *le Scorpion*, *le Sagittaire*, *le Capricorne*, *le Verseau*, *les Poissons*, *Orion*, *l'Hydre mâle*, *le Corbeau*, *la Coupe*, *le petit Chien*, *le grand Chien*, *le Navire*, *l'Éridan*, *la Baleine*, *le Loup*, *le Centaure*, *le Poisson austral*, *l'Autel*, *la Couronne méridionale*, *le Lièvre*. Les douze constellations ajoutées par les modernes sont : *le Phénix*, *la Grue*, *le Paon*, *l'Hydre femelle*, *le Caméléon*, *l'Oiseau mouche*, *l'Indien*, *l'Oisean de Paradis*, *la Dorade*, *le Poisson volant*, *le Toucan*, *le Triangle austral*. Nous ne dirons rien des constellations moins remarquables formées plus nouvellement ; parce que leur connaissance nous serait peu utile pour la suite de cet ouvrage, et que ceux qui désireraient de les connaître, peuvent les trouver aisément ailleurs.

En se bornant donc aux constellations que nous venons de détailler, on voit que l'étude du ciel ne peut être ni longue, ni difficile. Avec un peu d'application, et en suivant une bonne méthode, l'on doit, dans un petit nombre de soirées, apprendre là-dessus tout ce qu'il est

important de savoir pour notre objet. Car il ne s'agit point ici d'entrer dans tous les menus détails d'une constellation : il suffira d'en connaître les étoiles principales, et de pouvoir en tracer à peu près les limites dans le ciel. Pour arriver à cette connaissance, il faut être pourvu ou d'un globe, ou d'un atlas céleste. On cherche d'abord sur le globe ou la carte quelque constellation remarquable, ou qui renferme quelques étoiles brillantes, comme serait la grande Ourse. On tâche de découvrir cette même constellation dans le ciel ; après quoi imaginant des lignes tirées sur le globe et dans le ciel dans divers sens, on passe facilement de cette première constellation aux autres, et l'on parvient en assez peu de temps à connaître une moitié du ciel. Car il faut remarquer que dans une même saison on ne peut voir qu'une partie des étoiles, les autres étant avec le soleil dans l'hémisphere opposé : mais ces constellations alors invisibles, pourront se voir six mois après à la même heure de la nuit, parce que le soleil aura passé dans l'autre partie du ciel. L'on pourrait cependant voir ces constellations plutôt, mais ce serait en prolongeant ses observations plus avant dans la nuit, ou en observant à des heures différentes. L'étude des étoiles faite de cette manière, et renfermée dans ces bornes, loin d'être appelée un travail, doit être considérée plutôt comme un amusement.

L'on demandera peut-être ici à quoi cette connaissance peut servir. Nous pourrions répondre à cette question, qu'il n'est aucune connaissance entiérement stérile ; qu'il n'en est aucune qui n'apporte au moins quelque satisfaction avec elle. Mais l'on peut faire ici une réponse plus directe. Le soleil, la lnne et plusieurs autres corps célestes, parcourent une partie du ciel par leur mouvement propre. Comment déterminerait-on leur position, et les diverses circonstances de ces mouvemens, si l'on ne connaissait les régions dans lesquelles ils voyagent ? En second lieu, il se manifeste assez souvent des astres nouveaux et inattendus, et ces apparitions ont lieu dans toutes les parties du ciel. Il faut donc les connaître toutes, pour pouvoir suivre ces astres pendant le temps qu'ils sont visibles. Il n'est pas nécessaire, je pense, d'ajouter que cette connaissancc est de la plus grande utilité pour les marins, et que les habitants de la campagne savent aussi en tirer quelque avantage.

Il reste une chose à examiner dans les étoiles, et à expliquer, s'il est possible; c'est leur mouvement journalier. Nous les voyons toutes paraître successivement dans une partie du ciel, et aller se perdre, en gardant fidellement le même ordre, dans la partie opposée, pour recommencer la même carrière le lendemain. Dans cette révolution constante et régulière que les étoiles font

autour

autour de nous en 24 heures, on remarque qu'elles ont toujours entre elles la même position, et que leurs distances respectives ne varient en aucune manière ; de sorte qu'elles semblent ne faire qu'un seul tout ; qu'elles marchent comme un corps dont toutes les parties sont liées entre elles, et gardent invariablement la même place (*m*).

C'est sans doute cette observation qui avait persuadé aux anciens que les étoiles étaient attachées à quelque corps solide, qui en tournant sur lui-même, les entraînait dans son mouvement autour de la terre. En effet, comment concevoir sans cela que des corps indépendants les uns des autres, pussent marcher avec autant de régularité ? Mais à présent que la sphère céleste s'est étendue pour nous à l'infini ; à présent que nous savons que les étoiles sont à des distances inégales de notre terre ; que les plus voisines de nous sont encore dans un éloignement dont nous ne pouvons nous faire une idée ; comment supposer que ces globes immenses et innombrables, ces corps si prodigieusement, si inégalement éloignés, puissent se mouvoir avec une célérité assez grande, et avec des vîtesses sur-tout si bien proportionnées à leurs distances, pour se retrouver au bout de 24 heures, et après avoir fait des millions de millions de lieues, à la même place, et dans la même situation où ils étaient le jour d'auparavant.

Certainement un esprit raisonnable ne pourra croire que le Créateur ait imprimé à cette multitude de globes, d'un volume énorme, un mouvement aussi rapide, et réglé avec tant de justesse, pour les faire circuler vainement autour de nous, qui n'en voyons pas même la millième partie. Eh quoi ! les étoiles ne paraissent-elles pas être en mouvement autour de la terre ? Oui, sans doute. Mais ne pourrait-il pas se faire que ce ne fût là qu'une simple apparence, qu'une illusion de nos sens ? Concevons que notre terre, au lieu d'être fixe et immuable, comme nous la supposons naturellement, roule au contraire sur elle-même, et fait une révolution en 24 heures ; n'arrivera-t-il pas dans cette supposition, que tournant avec elle et sans nous en appercevoir, nous croirons voir le ciel et les étoiles tourner autour de nous dans le sens contraire ; comme le rivage paraît tourner aussi, lorsqu'on est sur un bateau, auquel la rame et le gouvernail ont imprimé un mouvement circulaire ?

La révolution diurne des étoiles autour de la terre, pourrait donc n'être qu'une apparence produite par le mouvement réel de notre globe sur lui-même. Mais en adoptant cette dernière hypothèse, tout ce que cette révolution a d'incompréhensible, d'absurde même, disparaît. La marche de la nature devient plus simple et plus facile à concevoir : le mouvement que nous appercevons,

n'existe plus que dans un seul corps, au lieu d'en entrainer inutilement une infinité d'autres : l'ordre de cet univers s'accorde mieux avec les idées que nous nous faisons de la sagesse du Tout-Puissant, et de la sublime simplicité de son ouvrage. La rotation du globe terrestre n'est donc point une vaine supposition : c'est un fait que les plus fortes raisons nous obligent d'admettre : elle est la véritable cause du mouvement journalier des astres. Ce ne sont pas les étoiles qui se meuvent autour de la terre : c'est notre terre qui faisant en 24 heures une révolution sur elle-même, nous découvre ainsi successivement toutes les parties de la sphère céleste.

Le mouvement diurne de la terre avait été apperçu par plusieurs philosophes de l'antiquité : mais le vulgaire de tous les temps a toujours repoussé cette idée, comme contraire au témoignage des sens. Il y a plus : des savants, des hommes faits pour distinguer la vérité de l'erreur, n'ont pas pu s'élever à cet égard au dessus des idées populaires, et ont aussi rejeté le système de la rotation de la terre, en lui opposant quelques difficultés qui ne sont pas mêmes spécieuses. Ces objections réfutées cent fois, ont pourtant encore été reproduites dans ces derniers temps : il nous suffira de répondre ici à celle que l'on a fait valoir avec le plus de confiance.

Si la terre, a-t-on dit, tourne sur elle-même,

il doit y avoir une grande différence dans l'espace que parcourent deux boulets de canon tirés en même-temps, l'un vers l'orient, et l'autre vers l'occident; car le premier va avec le mouvement de la terre, et l'autre va en sens contraire. Pendant qu'ils sont tous deux en l'air, et qu'ils s'éloignent l'un de l'autre, en parcourant chacun six mille toises par minute, la terre pendant la même minute dévance le premier, et s'éloigne du second avec une vîtesse qui lui fait parcourir seize mille toises. D'après ces données, il devrait arriver, dit-on, que le boulet tiré vers l'occident se trouvât à 22 mille toises de distance du point d'où il est parti, et que celui qui a été tiré vers l'orient restât en arrière du même point de dix mille toises.

Cela serait, en effet, si à l'instant où le boulet part et se détache de la terre, il n'avait d'autre vîtesse que celle que la poudre lui communique. Mais il est évident que, outre cette vîtesse, il doit avoir encore celle qui lui était commune avec le canon, et qu'il avait reçue du mouvement journalier de la terre, avec laquelle il était entraîné. Si le boulet fût resté dans le canon, ils auraient l'un et l'autre, en vertu de ce mouvement, avancé de seize mille toises dans une minute. A l'instant où le boulet part, il a donc déjà une vîtesse capable de le porter en avant de seize milles toises: ainsi à cet égard, il se trouverait au bout d'une

minute tout aussi avancé que le canon, quoiqu'il en fût séparé. Mais de plus l'impulsion de la poudre peut lui faire parcourir encore six mille toises dans le même temps. Donc le boulet au bout de ce temps-là, sera éloigné du point d'où il est parti de six mille toises seulement, à l'orient ou à l'occident, suivant le sens dans lequel il aura été tiré; et tout se passera par rapport à ce boulet de la même manière que si la terre était dans un repos parfait.

On avait fait depuis long-temps contre la vérité dont il est ici question, une objection semblable, mais présentée d'une manière un peu différente. On supposait aussi que tous les corps qui tiennent à la terre, participant à son mouvement diurne, il n'en était pas de même de ceux qui s'en détachent pour quelque temps, et s'élèvent au milieu de l'air. Ainsi on prétendait qu'une bombe lancée en haut dans une direction verticale, devait en retombant, se trouver loin du mortier, parce que celui-ci avait avancé avec la terre, pendant que la bombe était en l'air. Or, comme l'expérience donnait un résultat différent, et que la bombe retombait tout auprès du mortier qui l'avait lancée, on en concluait qu'il n'était point vrai que la terre fût en mouvement, et tournât sur elle-même. Mais cet argument n'était fondé que sur l'ignorance des lois les plus simples de la méchanique.

C'est un principe incontestable de méchanique, que lorsqu'un corps a reçu une impulsion dans un sens, s'il vient à en recevoir une autre dans un sens différent, mais non diamétralement opposé au premier, il obéira à toutes les deux, autant que cela est possible, et prendra une direction moyenne entre les directions des deux puissances qui agissent sur lui. Ainsi un bateau placé au milieu d'une rivière, et entraîné par le courant, s'approche du rivage dans une direction oblique, lorsque la rame le pousse directement vers le bord. De même une bille qui roule sur un billard, continue d'avancer, mais suivant une ligne oblique, lorsqu'elle reçoit par côté une seconde impulsion : sa direction se compose alors de celle des deux forces qui la poussent. En s'éloignant donc de la terre, la bombe de l'expérience citée, doit conserver toute la vîtesse qu'elle avait dans le sens du mouvement de la terre au moment où elle est partie, et par conséquent avancer au travers de l'air, tout autant que si elle fût restée en place : elle doit donc après sa chûte se retrouver tout auprès du mortier. Elle nous paraîtra à nous, qui sommes en mouvement avec elle et la terre, avoir suivi en montant une ligne droite, et être retombée ensuite par une semblable ligne : mais un spectateur placé hors de notre terre, et dans un repos absolu, l'aurait vue s'élever et descendre par une ligne

courbe, semblable à celle que décrit un corps qu'on lance obliquement dans l'air. C'est ici le cas de la balle qui est jetée de bas en haut, par un cavalier courant au galop, et qui en retombant se trouve dans ses mains, quoiqu'il ait continué d'avancer pendant que la balle était en l'air.

Mais comme l'objection que nous combattons ici, peut se présenter sous différentes formes, nous ajouterons à ce qui vient d'être dit, un principe qui suffira pour la réfuter victorieusement dans tous les cas. Quand plusieurs corps se meuvent tous dans le même sens, et avec des vîtesses égales, ils doivent être considérés comme étant en repos les uns à l'égard des autres. Dans un vaisseau qui vogue à pleines voiles, le mouvement des corps se fait absolument de la même manière que sur la terre ferme. Une pierre qu'on laisse tomber du haut du mât, arrive au pied de ce mât, quoique pendant sa chûte le vaisseau ait avancé d'une certaine quantité. Une balle lancée dans quelque direction que ce soit, arrive, dans un navire qui est à la voile, aussi sûrement à sa destination, que si le navire était à l'ancre ou dans le port. La raison en est que la balle en obéissant à la main qui l'a poussée, obéit en même-temps à l'impulsion commune; et qu'en traversant l'air, et étant ainsi, pour quelques momens, indépendante du vaisseau, elle conserve

encore la vîtesse qu'elle en avait reçue, pendant qu'elle en faisait, pour ainsi dire, partie.

Les objections contre le mouvement journalier de la terre étant sans force et sans valeur, et ce mouvement étant d'ailleurs nécessaire pour expliquer d'une manière raisonnable celui des étoiles autour de notre globe, rien ne peut nous empêcher de l'admettre comme une vérité astromique, d'accord avec la raison, et appuyée sur l'idée que nous avons de la sagesse de Dieu, et de la simplicité de la nature (*n*). Voilà donc encore une erreur de nos sens que la réflexion, et nos découvertes précédentes nous ont mis en état de rectifier. Cependant nous continuerons à parler comme le commun des hommes, et nous dirons que les astres se lèvent et se couchent, tout comme s'ils étaient réellement en mouvement autour de nous. Ce langage ne peut à présent donner lieu à aucune erreur.

CHAPITRE III.

De quelques cercles de la Sphère et de leur usage.

QUAND on regarde tout autour de soi d'un lieu élevé et découvert, le ciel paraît être terminé par un cercle, au centre duquel nous nous

trouvons placés. Ce cercle idéal s'appelle *l'horison*, d'un mot grec, qui veut dire terminer, borner; parce que ce cercle sert en effet de limite à la vue.

L'horison partage la sphère céleste en deux moitiés égales; l'une supérieure et visible, l'autre inférieure et invisible. Ce cercle sert à déterminer le moment du lever des astres, et celui de leur coucher. On dit qu'un astre se leve, quand il monte au dessus de l'horison, et qu'il passe dans la partie visible du ciel : il se couche, quand il descend au dessous de l'horison, et qu'il passe dans la partie du ciel qui est invisible pour nous.

Si par l'endroit que nous occupons, on imagine une ligne droite qui traverse la terre, et se termine de part et d'autre dans le ciel aux points qui sont directement au dessus de notre tête, et au dessous de nos pieds; cette ligne est l'axe de l'horison; ses extrêmités en sont les poles, dont le supérieur s'appelle le *zénith*, et l'inférieur le *nadir*. Le zénith est donc le point du ciel qui est justement placé au dessus de notre tête.

Les deux poles de l'horison sont à égale distance de tous les points de la circonférence de ce cercle, et cette distance est d'un quart de cercle; c'est-à-dire donc, que si l'on dirigeait d'abord une règle vers le zénith, et qu'on l'abaissât ensuite jusqu'à l'horison, en tenant son

extrêmité inférieure fixe et immobile, l'autre extrêmité parcourrait dans ce mouvement un quart de cercle, ou 90 degrés; c'est-à-dire encore, que tous les astres, au moment où ils se lèvent ou se couchent, sont tous éloignés du zénith de 90 degrés, ce qui est leur plus grande distance à ce point, au moins dans l'hémisphère supérieur.

L'horison change, quand on change de place sur la terre; car à cause de la courbure du globe, on découvre alors de nouvelles parties du ciel, et d'autres que nous voyons auparavant, disparaissent à nos yeux. Dans la figure 2, où le petit cercle intérieur représente la terre, l'horison du point *L* est indiqué par la ligne droite *H O*, parce qu'on est censé ne voir que la tranche, ou l'épaisseur de ce cercle. La perpendiculaire *Z N* est l'axe de cet horison; *Z* est le zénith, *N* le nadir. L'on voit que pour un autre point *P* de la surface de la terre, l'horison sera différent du premier. Ce sera dans ce cas-ci la ligne *R S*: le zénith sera en *T*, et le nadir en *V*. L'horison *H O* ne partage point ici la sphère céleste représentée par la circonférence *H Z O N* en deux parties égales. Il faudrait pour cela que le plan de ce cercle passât par le centre même *C* du globe. Mais si l'on fait attention que la terre n'est qu'un infiniment petit, comparée à l'immensité du ciel, l'on comprendra aisément que, sous ce rapport, le point

L doit être considéré comme confondu avec le centre *C*, et que la ligne *H O* est absolument la même que celle *A B*, qui passe par ce centre.

Lorsque les étoiles sont au dessus de l'horison, on les voit décrire en les suivant pendant quelque temps, des arcs de cercle plus ou moins grands. Mais il y a une partie du ciel dans laquelle on n'apperçoit point de mouvement ; et il est naturel de supposer dans la partie opposée un autre point également immobile. Ce sont donc là comme les deux pivots sur lesquels la sphère céleste paraît rouler. On appelle ces points les *poles du monde :* l'un est le pole *boréal* ou *septentrional*, et l'autre le pole *austral* ou *méridional.*

Ces deux points fixes, que nous venons de remarquer dans le ciel, existent réellement dans le globe terrestre. Lorsqu'un corps de forme sphérique tourne sur lui-même sans changer de place, il y a nécessairement deux points de sa surface qui sont immobiles et en repos. Il y a donc deux points semblables dans notre terre ; et les étoiles qui répondent directement à ces deux points, doivent nous paraître immobiles, comme ils le sont eux-mêmes (*o*).

La ligne qui unit les deux poles célestes en passant par le centre de la terre, est l'*axe du monde.* C'est autour de cet axe que se fait la révolution diurne des astres. A partir des poles,

ou de ces points fixes remarqués dans le ciel, les étoiles paraissent toutes décrire des cercles parallèles entre eux, et d'autant plus grands, qu'elles sont à une plus grande distance des poles. Celui de ces cercles qui en est également éloigné, a reçu le nom d'*équateur*. La distance des poles à un point quelconque de la circonférence de l'équateur est de 90 degrés ; et en général on appelle poles d'un cercle, les points qui sont éloignés de 90 degrés de tous les points de la circonférence de ce cercle : il y a toujours deux de ces points pour chaque cercle.

L'équateur divise la sphère en deux parties égales, l'hémisphère boréal, où se trouve placé le pole de ce nom, et l'hémisphère austral, qui renferme aussi le pole du même nom.

L'équateur rencontre l'horison en deux points diamétralement opposés, l'un est l'*orient*, et l'autre l'*occident* : ce sont là deux des quatre points *cardinaux*.

Enfin si l'on imagine un grand cercle qui passe par les poles du monde, et soit par conséquent perpendiculaire à l'équateur, on aura ce qu'on appelle un *méridien*. Il ne peut y avoir qu'un seul équateur, parce que, comme il est évident, il n'y a qu'un seul cercle qui soit à égale distance des deux poles. Mais il est également clair qu'il y a une infinité de méridiens, puisqu'il n'est aucun point de la circonférence

de l'équateur, par lequel on ne puisse faire passer perpendiculairement un arc de grand cercle. Celui de tous ces méridiens qui passe au dessus de notre tête, s'appelle notre méridien : il coupe par le milieu la portion visible de la révolution diurne des astres, et il divise de la même manière celle qui est invisible pour nous. Quand un astre est arrivé au méridien, il s'est éloigné de l'horison autant qu'il le pouvait : il a fait justement la moitié du chemin qu'il avait à faire, soit au dessus, soit au dessous de l'horison. Le méridien sert donc à déterminer le milieu de la course des astres dans la partie supérieure, ou inférieure du ciel.

Le méridien partage encore la sphère en deux parties égales, l'hémisphère *oriental*; parce que c'est dans cette moitié du ciel que se levent tous les astres : et l'hémisphère *occidental*; parce que c'est dans cette autre moitié que tous les astres se couchent.

Les points d'intersection du méridien avec l'horison, s'appellent le *nord* et le *sud*. Le nord, le sud, l'orient ou l'est, l'ouest ou l'occident sont les quatre points cardinaux.

Nous avons actuellement trois grands cercles, l'horison, leméridien et l'équateur, qui ont tous le même centre : c'est le centre même de la sphère ou du monde ; et c'est notre terre qui nous paraît occuper ce centre. Ces cercles et tous ceux qui

sont dans le même cas, sont appelés de grands cercles : ils partagent tous la sphère en deux parties égales, et se divisent aussi entre eux de la même manière. Tous ces cercles n'ont rien de réel, et ne sont nullement visibles dans le ciel : on les a imaginés, pour pouvoir y rapporter la position et le mouvement des astres. L'on a remarqué en outre huit points principaux : les quatre points cardinaux, les deux poles de l'horison, et les deux poles de l'équateur, qui sont en même-temps ceux du monde.

Il est facile de trouver dans le ciel les quatre points cardinaux, ce que l'on appelle *s'orienter* Si l'on tourne la face vers le soleil à l'heure de midi, l'on a le sud devant soi, le nord par derrière, le levant à gauche, et le couchant à droite. Ceci n'a lieu que pour les peuples qui vivent comme nous, dans l'hémisphère boréal : on en verra la raison par la suite. Nous connaissons les poles de l'horison : quant à ceux de l'équateur nous enseignerons bientôt à les trouver.

Dans la figure 3, on voit l'horison *H O*, le zénith *Z*, le nadir *N* : l'axe du monde y est représenté par la ligne *P P*; les points *P* et *P* en sont les poles; *E Q* est l'équateur : on n'en voit encore ici que l'épaisseur. *H Z O N* est le méridien; les points *H* et *O* sont ceux du nord et du sud : quant à l'orient et à l'occident,

ils répondent perpendiculairement au point C, l'un au devant de la figure, et l'autre dans le point diamétralement opposé.

L'horison et le méridien nous donnent quatre circonstances principales du mouvement journalier des astres : leur lever, leur arrivée à la partie supérieure du méridien, leur coucher, et leur passage par la moitié inférieure du même méridien. Mais il arrive souvent qu'un astre n'étant ni à l'horison, ni au méridien, on a besoin de connaître sa position dans la partie visible du ciel. On cherche alors quelle est sa distance au premier de ces cercles, exprimée en parties de la circonférence du cercle, qui se divise, comme on sait, en 360 degrés, et le degré en 60 minutes. Une étoile qui, partant de l'horison, serait venue jusqu'à notre zénith, nous aurait paru décrire un quart de cercle, ou s'être éloignée de l'horison de 90 degrés. Mais nous aurions pu, à mesure qu'elle avançait et s'élevait, mesurer à chaque instant de combien de degrés elle était éloignée de l'horison, ce qu'on appelle *prendre la hauteur d'un astre*. On imagine donc, pour cet effet, un grand cercle qui passe par l'astre et par notre zénith, et qui est ainsi perpendiculaire à l'horison : on l'appelle un *vertical* (*p*). L'on mesure l'arc de ce cercle compris entre l'astre et l'horison : c'est la hauteur de l'astre. Cette mesure s'effectue au moyen d'un instrument

appellé *quart de cercle*. C'est effectivement un quart de cercle de bois ou de métal, divisé exactement en degrés et portions de degrés. Mais il faut faire entendre d'abord comment avec un moindre cercle, l'on peut en mesurer un beaucoup plus grand.

Qu'on se représente un grand compas, dont les branches aient une longueur indéfinie ; et supposons qu'une de ces branches étant immobile, on commence à faire tourner l'autre sur la charnière : il est clair que tous les points de la longueur de celle-ci, se mettant tous en mouvement ensemble, décriront aussi tous à la fois des arcs de cercle d'autant plus grands, qu'ils seront plus éloignés du centre du mouvement. Mais il est également vrai que tous ces arcs décrits en même-temps, seront tous des portions semblables de leurs circonférences particulières : car lorsque la branche mobile aura fait une demi-révolution, et sera dans l'alignement de l'autre, tous les points de sa longueur auront tous achevé une demi-circonférence de cercle, et se seront écartés tous de 180 degrés du point sur lequel ils étaient appliqués, lorsque le compas était fermé. La plus petite de ces demi-circonférences étant divisée de la même manière, et dans le même nombre de parties que la plus grande, peut donc servir à mesurer celle-ci. Un arc quelconque de cette dernière, répondra donc toujours à un arc

semblable

blable de la première. Toute circonférence de cercle, quelle quelle soit, est toujours divisée en 360 degrés. Les degrés sont plus ou moins grands, selon la grandeur de la circonférence; mais le nombre en est toujours le même pour toutes.

Cela posé, qu'on prenne un quart de cercle terminé par deux rayons, perpendiculaires l'un à l'autre, et divisé en degrés et minutes : ce quart de cercle est représenté par la figure 4. Cet instrument étant monté sur un pied, pour élever son centre à la hauteur de l'œil, et étant mobile dans tous les sens, si on le met dans un plan vertical, au moyen d'un fil à plomb attaché au point *Z*, et qui doit être sur toute sa longueur également près du rayon *Z C*; qu'on dirige le rayon *C H* parallèlement à l'horison : ce qui se connaît quand le fil à plomb vient battre exactement sur le point central *C*; si de plus la position de l'instrument est telle, que la règle mobile en tournant autour du point fixe *C* et rasant la limbe du quart de cercle, puisse rencontrer l'astre *S*, les choses sont alors disposées convenablement pour prendre la hauteur de cet astre. En effet, il n'y a plus qu'à appliquer l'œil au centre de l'instrument, et viser ainsi à l'astre le long de la règle qu'on fait mouvoir, jusqu'à ce qu'on le voie à l'extrêmité de cette règle : l'on a alors la hauteur de l'astre, ou sa

distance à l'horison : elle est exprimée par le nombre de degrés et minutes de la portion du quart de cercle, comprise entre la règle mobile *C D*, et le rayon horisontal *C H*. Tel était l'usage des anciens pour prendre la hauteur d'un astre. Je ne sais s'il est nécessaire d'avertir ici que la hauteur d'un astre au dessus de l'horison, n'est pas le nombre de lieues dont il est éloigné de nous, mais seulement le nombre de degrés dont il s'est écarté du bord de l'horison; ce qui, comme il est évident, est absolument indépendant de son éloignement réel.

Remarquons que lorsqu'on veut connaître ainsi la position d'un astre par rapport à l'horison, l'on mesure, non sa distance au point de ce cercle où il a paru en se levant, mais sa distance au point de l'horison qui répond perpendiculairement au dessous de l'astre. Ainsi la hauteur d'un astre est toujours sa plus courte distance à l'horison pour le moment donné, quelque soit le chemin qu'il ait fait auparavant au dessus de ce cercle.

Les modernes emploient une méthode un peu différente de celle des anciens. Leurs quarts de cercle, au moins ceux qui ne sont pas fixés invariablement, ne portent point de règle mobile, et dans les observations, l'œil est appliqué, non pas au centre, mais à la circonférence de l'arc. L'un des deux rayons est garni d'une

lunette que l'on dirige vers l'astre, en faisant tourner l'instrument sur son centre de gravite *G*. On voit ce quart de cercle dans la figure 5 : l'astre dont on veut avoir la hauteur est en *S*. D'abord l'instrument se dispose de même dans le plan vertical qui passe par l'astre, et l'œil étant placé en *O*, on vise au point *S* par la lunette *O C*. Au centre *C* est suspendu un fil à plomb *C P*, qui détermine sur le limbe la hauteur cherchée : c'est le nombre de degrés de l'arc *P R* compris entre ce fil et le rayon *C R*. En effet, le fil à plomb étant tendu par un poids que la pesanteur tire en bas dans une direction perpendiculaire à l'horison, le fil est donc lui-même perpendiculaire à ce cercle, et se trouve ainsi dirigé vers le zénith. L'arc compris entre ce fil et le point *O*, où l'œil est appliqué, mesure donc la distance de l'astre au zénith : c'est donc l'arc *P R* compris entre ce même fil et le point *R*, qui exprime sa distance à l'horison. Le zénith est, comme on l'a déjà dit plus haut, éloigné de l'horison de 90 degrés : c'est là le point du ciel qui est le plus éloigné de ce cercle. Un astre qui arrive au zénith même, est à la plus grande hauteur possible : à l'horison sa hauteur est nulle : par-tout ailleurs, les deux distances de cet astre au zénith et à l'horison font toujours ensemble 90 degrés ; et l'une par conséquent sert à faire connaître l'autre.

Lorsque deux arcs de cercle forment réunis un quart de circonférence, on dit qu'ils sont complémens l'un de l'autre. La distance d'un astre au zénith est donc le complément de sa hauteur : l'arc *O P* est le complément de l'arc *P R*.

Voici une autre démonstration. Supposons un astre à l'horison même, au moment par exemple, où il se lève : alors le rayon qui est dirigé vers cet astre, est aussi dans le plan de l'horison, et placé suivant *H C*. L'autre rayon est dans une position verticale *C P*, et le fil à plomb attaché au centre s'applique exactement sur ce dernier rayon, et passe par la première division du limbe marquée zéro : la hauteur de l'astre est donc nulle dans ce cas. Mais concevons à présent qu'il s'est élevé de quelques degrés ; le rayon par lequel on l'observe, se sera donc incliné à *C H*, du même nombre de degrés : l'autre rayon se sera pareillement écarté de sa première position *C P* de la même quantité : le fil à plomb ayant seul gardé constamment la même direction, servira donc à faire connaître la grandeur de cet écart *P R*, et par conséquent la quantité dont l'astre s'est éloigné de l'horison.

Pour obtenir la mesure des arcs de cercle avec plus de précision, l'on a imaginé deux moyens principaux, qu'il faut que nous fassions connaître ici. On sent bien qu'il faudrait des instrumens énormes, difficiles à manier, plus difficiles en-

core à construire, si l'on voulait y marquer en détail les parties de degré, les minutes et secondes, d'une manière nette et sensible. L'on peut obtenir la même exactitude avec des instrumens d'un médiocre volume, par le moyen de deux inventions fort ingénieuses.

La première de ces inventions consiste à tracer sur le limbe de l'instrument plusieurs arcs parallèles entre eux, également distants, et ayant tous leurs centres au centre même de l'instrument. L'on divise tous ces arcs en un même nombre de parties égales, par des lignes dirigées au centre; et ensuite l'on mène d'autres lignes de la première division de l'arc le plus intérieur à la seconde de l'arc le plus extérieur, de la seconde de l'un, à la troisième de l'autre, de la troisième à la quatrième, et ainsi de suite: ces lignes s'appellent des *transversales*. Par cette construction on voit que les transversales coupent tous les arcs concentriques en des points différents, et qui sont de plus en plus avancés; de façon que si le nombre des arcs parallèles est de onze, que le point d'où part la première transversale soit zéro, et que celui où elle se termine soit 10; les points où elle rencontrera successivement les arcs intermédiaires, seront 1, 2, 3, etc. jusqu'à 10, où elle atteint la seconde division de l'arc extérieur. Ainsi l'intervalle compris sur le premier arc entre 0 et 10, se trouve

divisé en dix parties égales : mais ces parties se prennent, comme on voit, sur des cercles différents.

La figure 6e est destinée à rendre ceci plus facile à comprendre. Soit *A a g G* une portion du limbe d'un quart de cercle ; les lignes parallèles et également espacées, *A G*, *n K*, *p M*, etc. représentant les arcs de cercle concentriques. L'on n'en a mis ici que six pour éviter la confusion. Si l'on suppose que l'intervalle *A G* est la valeur d'un degré ; on voit d'abord que cet intervalle est divisé en six parties égales, valant chacune dix minutes, par les lignes *A a*, *B b*, *C c*, etc. ; et de plus que les transversales *A b*, *B c*, etc., rencontrant les parallèles en des points uniformément plus avancés, doivent donner les minutes intermédiaires. En effet, l'espace *a b* étant de dix minutes, et les portions des parallèles comprises entre la première transversale et la ligne *A a*, décroissant de plus en plus, *u t* ne sera plus que de 8 minutes, *r s* sera de 6, *p q* de 4, *n o* de 2. La même chose ayant lieu dans tous les autres intervalles, on aura par ce moyen les minutes de deux en deux. On les aurait une à une, si le nombre des parallèles était double. Le fil à plomb *P Q* indique ici 36 minutes.

La seconde invention plus exacte et plus usitée que la première, porte le nom de *Vernier* ou de

Nonius : l'un est le nom de celui qui a inventé la chose, et l'autre de celui qui l'a perfectionnée. Le Vernier ou Nonius est une petite règle mobile sur une division déjà faite, et divisée elle-même autrement que la division principale. Un espace, par exemple, qui dans celle-ci est de onze parties égales, n'en porte que dix sur le Vernier. Les divisions sont donc ici plus grandes, et justement d'un dixième. La première division du vernier vaut donc une division du quart de cercle, plus un dixième ; les deux premières en valent deux, plus deux dixièmes ; les trois, trois plus trois dixièmes, et ainsi de suite : de façon que les dix divisions du nonius en valent dix et dix dixièmes, ou onze du quart de cercle. Comme cette petite règle peut glisser le long de la division principale, il est facile de la placer de manière que le fil à plomb réponde exactement à quelqu'une de ses divisions, en même temps qu'une autre division du nonius se rencontre avec une division du quart de cercle ; et alors on prend pour la grandeur de l'arc, les degrés indiqués par la division principale, plus le nombre de dixièmes marqués par le nonius.

On voit une espèce de nonius dans la figure 7e. *A B C D* est la division principale, ou celle qui est faite sur le limbe de l'instrument : *N V* est la petite division mobile qui glisse sur la première. Onze parties de *A D* n'en font que dix

sur *N V* : ce nonius donne donc les dixièmes. Le fil à plomb *F P* rencontre la division principale au-delà du numéro 7 : il indique donc 7, plus une fraction. Pour avoir cette fraction, on pousse le nonius, jusqu'à ce qu'une de ses divisions se confondant avec une division du limbe *A B C D*, une autre des mêmes divisions du nonius se trouve couverte par le fil à plomb, comme on le voit ici. Le nombre des espaces compris entre ces deux divisions du nonius, indique le nombre des dixièmes qu'il faut ajouter : on a donc ici 7 et quatre dixièmes. Si l'on prenait 13 parties de *A D*, pour en faire douze sur le nonius, il donnerait alors les douzièmes : l'on peut donc avoir des nonius qui donnent des fractions plus ou moins petites, et obtenir ainsi le degré de précision dont on a besoin. Le nonius est ordinairement porté par un rayon mobile, et tournant autour du centre de l'instrument. Revenons à notre sujet.

Nous savons déterminer la position des astres par rapport à nous et à l'horison : cherchons à connaître leurs positions respectives dans le ciel. Le véritable lieu d'une é oile n'est pas connu pour savoir qu'elle appartient à telle ou telle constellations : cette détermination est beaucoup trop vague. Il faut savoir de plus à quelle distance elle se trouve de deux points, ou de deux cercles fixes, pris à volonté dans le ciel. L'é-

quateur est un cercle qui peut servir à cet objet : sa position est connue et bien déterminée. Si l'on mesure donc avec un quart de cercle, l'intervalle compris entre une étoile et l'équateur, on aura sa distance à ce cercle exprimée en degrés et parties de degré : c'est ce que l'on appelle *déclinaison.* La déclinaison est ou australe, ou boréale, selon l'hémisphère dans lequel se trouve l'étoile. Un astre qui est dans l'équateur même, n'a point de déclinaison. La déclinaison est d'autant plus grande, que l'astre est plus éloigné de ce cercle. S'il était placé au pole même, il en serait à la plus grande distance possible, et il aurait alors 90 degrés de déclinaison ; et puisque du pole à un point quelconque de la circonférence de l'équateur, il y a toujours 90 degrés, l'on voit que les deux distances d'une étoile au pole voisin et à l'équateur, formant ensemble cette somme, sont toujours le complément l'une de l'autre.

Toutes les étoiles qui sont sur un même cercle parallèle à l'équateur, en sont toutes également éloignées, et ont par conséquent toutes la même déclinaison. Cela ne suffit donc pas pour déterminer la position d'une étoile en particulier. Il faut de nécessité avoir encore un autre terme de comparaison, qui soit lui-même bien connu. L'on a choisi pour cet objet un grand cercle perpendiculaire à l'équateur, un méridien dont

la position fût facile à déterminer. C'est celui qui rencontre l'équateur aux points des *équinoxes*, que nous ferons bientôt connaître. Ce méridien a reçu le nom de *colure des équinoxes*. L'on observe donc encore la distance des étoiles à ce grand cercle, et cette distance s'appelle leur *ascension droite*. On commence à compter l'ascension droite de l'équinoxe du printemps. Une étoile placée dans ce point, ou sur la moitié du méridien qui passe par ce point, n'aurait donc pas d'ascension droite; et celle qui se trouverait dans la moitié opposée du même méridien, en aurait 180 degrés.

L'ascension droite se compte en allant d'occident en orient, parce que le mouvement journalier de la terre se fait dans ce sens là; et que les étoiles paraissant se mouvoir dans le sens opposé, rencontrent par conséquent un méridien quelconque les unes après les autres, et d'autant plus tard, qu'elles sont plus orientales. L'ascension droite se compte depuis zéro, jusqu'à 360 : ainsi de deux étoiles qui seraient toutes deux à un degré seulement de distance de ce premier méridien, mais l'une à l'orient, et l'autre à l'occident; la première n'aurait qu'un degré d'ascension droite, et l'autre en aurait 359 degrés; parce que l'ascension droite se compte toujours dans le même sens, en faisant le tour du ciel.

Quand un astre est dans l'équateur même, son

ascension droite est facile à trouver : c'est l'arc de l'équateur compris entre l'équinoxe du printemps et cet astre. S'il est hors de l'équateur, il faudra concevoir un grand cercle perpendiculaire à l'équateur, une espèce de méridien passant par l'astre : ces cercles s'appellent dans ce cas *cercles de déclinaison.* L'ascension droite de l'astre sera toujours l'arc de l'équateur, compris depuis le point équinoxial du printemps, jusqu'à celui où le cercle de déclinaison qui passe par cet astre, rencontre l'équateur. Soit *B Q*, (*fig.* 8), une portion de l'équateur, *P* l'un des poles, *P B* le colure des équinoxes, *B* le point équinoxial du printemps, d'où l'on commence à compter l'ascension droite ; si un astre est placé en *S*, on imaginera un cercle de déclinaison *P D* passant par l'astre, et alors on aura *S D* pour sa déclinaison, et *A S* ou plutôt *B D* pour son ascension droite.

Le lieu d'une étoile est parfaitement connu, lorsqu'on a sa déclinaison et son ascension droite : car il est évident que dans une même moitié du ciel, deux étoiles ne peuvent pas être en même temps également éloignées de l'équateur et du colure des équinoxes. C'est en mesurant ainsi les distances des étoiles à ces deux grands cercles, qu'on en a dressé des catalogues. Celui d'Hipparque, qui est le plus ancien connu, ne contenait que 1022 étoiles. Ptolomée y en ajouta 4 seu-

lement, et le porta ainsi à 1026. Ce catalogue a été pendant long-temps le seul dont les astronomes se servaient. Tycho, Hevélius, Flamstéed en ont publié dans l'avant dernier siècle de beaucoup plus considérables : celui de Flamstéed contient plus de 3000 étoiles. Les étoiles d'une même constellation y sont distinguées par les lettres de l'alphabet grec. Mais dans ces derniers temps les astronomes en ont calculé un bien plus grand nombre encore. M. l'abbé de la Caille, par un travail dont on aurait peine à croire un homme capable, a fixé à lui seul la position de plus de 10000 étoiles, pendant un séjour de quelques années qu'il fit au cap de Bonne-Espérance ; et ce qui n'est pas moins admirable, c'est que M. le Français Lalande, neveu du célèbre astronome de ce nom, aidé de son épouse, qui ayant part à ses travaux, doit avoir part à sa gloire, est sur le point d'achever un catalogue vraiment prodigieux par l'immensité des observations et des calculs, puisqu'il doit renfermer les positions de 50000 étoiles. Après des travaux aussi étonnants, l'on peut dire que le ciel est aujourd'hui connu parfaitement, et qu'il ne reste plus rien à désirer à cet égard pour le perfectionement de l'astronomie.

La déclinaison est, a-t-on dit, la distance à l'équateur, et l'ascension droite, la distance au colure des équinoxes : mais ces cercles sont des enfans de notre imagination, et ne se voient pas

dans le ciel. Comment donc mesurer la distance des étoiles à ces deux lignes invisibles ? c'est ce que nous allons voir à présent : et commençons d'abord par chercher l'équateur. Ce cercle, comme on sait, est justement placé à égale distance des deux poles, et cette distance est de 90 degrés. Si l'on peut donc trouver l'un des poles, on aura par cela même la situation de l'équateur. Or nous avons déjà remarqué qu'il y a dans la partie du ciel visible pour nous, un endroit où l'on n'apperçoit presque point de mouvement : le pole y est donc nécessairement placé. Pour avoir justement le point de la sphère céleste qui est immobile, on observera dans cette région du ciel une étoile qui ne se couche jamais, et qui semble être sans mouvement : mais dans le vrai, elle décrit en 24 heures, comme toutes les autres étoiles, une circonférence de cercle autour de l'axe du monde. Elle passe donc aussi deux fois par le méridien dans cet intervalle de temps, une fois au dessus du pole, et une fois au dessous ; de façon que le pole est comme le centre du cercle qu'elle parcourt. Si l'on prend donc, par la méthode indiquée ci-dessus, la hauteur de cette étoile, que l'on appelle *étoile polaire* (*q*), à cause qu'elle est très-voisine du pole, lorqu'elle est à sa plus grande élévation au dessus de l'horison, et sa hauteur encore, douze heures après, lorsqu'elle est parvenue à son plus grand abaissement, on aura l'élévation du point immobile,

ou du pole au dessus de l'horison, en prenant justement le milieu entre les deux hauteurs observées. Ainsi l'on trouvera à Lyon, que le pole est élevé de 45 degrés et près de 46 minutes; ce que l'on écrit quelquefois de cette façon, 45° 46^{m}. Mais puisque l'équateur est distant du pole d'un quart de circonférence, on saura aussi de combien il est lui-même élevé au dessus de l'horison du côté opposé. A Lyon, l'élévation de l'équateur est de 44° 14'. En général l'élévation de l'équateur est le complément de la hauteur du pole, puisqu'ensemble elles font 90 degrés.

Dans la figure 9e, *H O* est l'horison, *P* est le pole que l'on cherche, *A H* est la plus grande hauteur de l'étoile, *a H* est sa plus petite hauteur: le milieu entre ces deux hauteurs donne *P H*, ou l'élévation du pole sur l'horison. En prenant *P E* de 90 degrés, *E* est un point de la circonférence de l'équateur: *E O* est la distance de l'équateur à l'horison. Or *E O* plus *P H* font évidemment un quart de circonférence; donc ils sont complémens l'un de l'autre.

Maintenant si en tournant exactement la face du côté du nord, on dirige vers le ciel une règle, qui fasse avec l'horison un angle égal à la hauteur du pole, un angle de 45° 46^{m}, par exemple, pour Lyon, cette règle se confondra avec l'axe du monde, nous en représentera la position par rapport à Lyon, et indiquera justement le pole à un œil

qui serait appliqué à son extrêmité inférieure. Pareillement une règle semblable dirigée du côté du midi, et inclinée à l'horison de la même quantité que l'équateur, de 44_0 14^m à Lyon, cette règle se trouverait dans le plan de l'équateur du monde, et un œil appliqué à son extrêmité inférieure verrait dans l'espace de 24 heures passer par l'autre extrêmité, tous les points de la circonférence de l'équateur céleste.

Le pole et l'équateur étant trouvés, il ne sera pas difficile à présent d'avoir la déclinaison d'un astre. Il faudra d'abord prendre sa hauteur lorsqu'il sera parvenu au méridien, ou à sa plus grande élévation au dessus de l'horison: après quoi, si l'astre est placé du même côté que l'équateur par rapport à l'observateur, sa déclinaison sera la différence entre la hauteur observée et celle de l'équateur au dessus de l'horison. Mais s'il se trouve du côté opposé, il faudra prendre la différence entre sa hauteur et celle du pole; ce qui donnera la distance de l'astre au pole; le complément de cette distance, sera la déclinaison cherchée. L'on pourrait encore dans ce cas prendre la distance de l'astre au zénith, et y ajouter celle du zénith à l'équateur, ce qui donnerait également la déclinaison.

Dans la même figure, l'étoile étant supposée en *S* dans le méridien *HPEO*, sa hauteur sera *SO*,

de quoi retranchant *EO*, élévation connue de l'équateur, il restera *ES*, déclinaison boréale de l'étoile, si *P* est le pole boréal. L'étoile étant supposée au point *R*, sa hauteur sera *RO*, qui retranchée de *EO*, donnera *RE* pour la déclinaison australe de l'étoile. Enfin si l'étoile est en *A*, en retranchant *PH* de sa hauteur *AH*, on aura *AP*, dont le complément est la déclinaison *AE* : ou bien prenant le complément de *AH*, qui est *AZ*, on y ajoutera *ZE* ou *PH*, qui lui est égal, et l'on aura encore la déclinaison cherchée *AE*. Si l'étoile était au point *a*, alors au lieu d'être à sa plus grande hauteur sur l'horison, elle se trouverait au contraire dans le point le plus bas, et le complément de sa distance au pole donnerait toujours sa déclinaison.

Je suppose donc qu'à Lyon une étoile arrivée au méridien, soit élevée de 80 degrés au dessus de l'horison; si elle est du même côté que l'équateur, sa déclinaison sera boréale, et de 35° 46m; et si elle se tronve du côté opposé, sa déclinaison sera encore boréale, et de 55° 46m. Enfin, si l'étoile étant du même côté que l'équateur, n'est élevée que de 30 degrés, par exemple, sa déclinaison sera australe, et de 14° 14m : la même hauteur dans la partie opposée du ciel donnerait une déclinaison boréale de 74° 14m.

Il reste encore ici une difficulté : comment savoir qu'une étoile est arrivée au méridien, ou à sa plus

plus grande hauteur ? faut-il la suivre avec un quart de cercle, pendant un certain temps, et tenir compte à chaque instant de ses différentes hauteurs? Le moyen ne serait ni commode, ni bien exact. L'on sait qu'un astre a atteint toute la hauteur à laquelle il peut parvenir, lorsqu'il est arrivé au méridien : mais ce méridien n'est pas plus visible que l'équateur, et il est cependant fort important de connaître sa position ; il faut même qu'on puisse le trouver promptement toutes les fois qu'on en a besoin. Pour cet effet l'on a imaginé de tracer sur la terre des lignes, qui sont dans le plan du méridien céleste, qui en marquent la position, et qu'on appelle pour cette raison, *lignes méridiennes*. Voici une méthode donnée par M. Lalande, pour tracer une telle ligne par le moyen des étoiles.

L'on sait que le méridien d'un lieu passe par le pole, que nous avons enseigné à trouver, et par le zénith de ce lieu, qui est toujours dans la direction du fil à plomb. L'on prend donc deux fils à plomb que l'on place d'abord à peu près dans le plan du méridien : l'un des deux est fixé d'une manière invariable ; et l'on fait mouvoir l'autre, jusqu'à ce que appliquant l'œil tout auprès, les deux fils et cette étoile voisine du pole dont on a parlé ci-dessus, soient vus dans le même alignement : mais on attend pour cette observation, le moment où l'étoile polaire est elle-même

arrivée au méridien au dessus ou au dessous du pole. On peut trouver ce moment par le calcul : ou ce qui peut y suppléer, on attend que cette étoile et la première de la queue de la grande ourse, soient dans un même plan vertical ; car on a remarqué que ces deux étoiles passaient en même temps au méridien, l'une au dessus, et l'autre au dessous du pole. Lors donc que les deux étoiles, et les deux fils à plomb sont dans un même alignement, l'on est assuré que ceux-ci sont dans le plan du méridien. Les fils ainsi alignés marquent alors sur le pavé deux points, qui sont aussi dans ce même plan. Une ligne droite tirée par ces deux points, sera donc dans le plan du méridien : ce sera la ligne méridienne demandée.

Si l'on dispose actuellement une lunette dans la direction de cette ligne, et qui soit fixée d'une manière inébranlable, de façon qu'elle ne puisse se mouvoir ni à droite, ni à gauche, mais qu'elle soit seulement libre dans le sens vertical, on aura un instrument très-propre à saisir le passage des astres par le méridien ; et si la lunette est accompagnée d'un quart de cercle, on aura facilement leur plus grande hauteur au dessus de l'horison, ou leur hauteur méridienne, au moment de leur passage. La lunette seule fixée comme on vient de dire, et mobile autour d'un axe dans le plan vertical, s'appelle *instrument des passages* Lorsqu'elle est accompagnée d'un quart de cercle, sur

lequel elle se meut, cet appareil se nomme *quart de cercle mural*, ou simplement *mural*; parce qu'en effet il est fixé contre un mur solide et inébranlable.

Pour obtenir la plus grande précision possible dans les observations astronomiques, on place au foyer intérieur de la lunette deux fils très-fins, perpendiculaires l'un à l'autre, et qui se croisent au centre. L'un de ces fils étant tendu dans une direction verticale, représente le méridien céleste, et dès que le bord antérieur d'un astre paraît en contact avec ce fil, l'on est assuré que c'est là le moment de son arrivée au méridien. L'autre fil qui est horisontal représente un cercle parallèle à l'horison, et sert à déterminer avec la même précision, la hauteur de l'astre au dessus de cet horison.

L'on a enseigné à trouver la déclinaison d'une étoile. Quant à l'ascension droite, elle tient à la connaissance des points équinoxiaux; connaissance que nous n'avons point encore. Mais si nous supposons pour un moment que nous savons trouver un de ces points, l'équinoxe du printemps; nous aurons l'ascension droite d'une étoile, en mesurant le temps qui s'écoule entre le passage de cet équinoxe par le méridien, et le passage de l'étoile, et convertissant ce temps en degrés à raison de 15° par heure. En effet, toute la sphère céleste paraît faire une révolution

entière d'orient en occident dans l'espace de 24 heures. Dans cet espace de temps, les 360 degrés de la circonférence de l'équateur passent par le méridien avec une vîtesse uniforme. C'est donc 15 degrés par heure. L'ascension droite se compte sur l'équateur, comme on l'a dit plus haut; et quelque part que soit placée une étoile dans le ciel, l'on peut toujours mener de cette étoile à l'équateur un arc de grand cercle qui soit perpendiculaire à ce dernier. Le point de rencontre est le lieu de l'étoile rapporté à l'équateur; et la portion de ce cercle comprise entre ce point et l'équinoxe du printemps, est l'ascension droite de cette étoile. D'ailleurs, à cause du mouvement commun de toutes les parties de la sphère, l'étoile et le point correspondant de l'équateur, passent en même-temps par le méridien. Il suffit donc de tenir compte du temps qui s'écoule entre le passage de l'équinoxe du printemps et celui de l'étoile. Si le point équinoxial est arrivé, par exemple, au méridien à 2 heures et 30 minutes, et qu'une étoile dont on veut connaître l'ascension droite, y soit arrivée à 10 heures et 15 minutes, on prendra la différence des temps, qui est ici de $7^h. 45^m.$; et l'on comptera 15 degrés pour chaque heure, et un quart de degré pour chaque minute d'heure; ce qui fait pour le cas présent $116^o, 15^m$: telle est donc l'ascension droite de l'étoile en question.

Dans tout ce que l'on a dit ici, on a parlé comme si les astres tournaient autour de la terre en 24 heures d'orient en occident, quoique nous ayons prouvé ci-dessus que c'est la terre qui dans le même espace de temps tourne sur elle-même d'occident en orient. Ainsi au lieu que dans cette supposition, les étoiles viennent les unes après les autres passer par le méridien ; il serait plus juste de dire que c'est notre méridien qui, tournant avec nous dans le sens contraire, rencontre successivement toutes les étoiles. Mais comme les apparences sont les mêmes dans les deux cas, le langage que nous avons employé ne peut donner lieu à aucune erreur, comme on l'a déjà observé : ainsi nous continuerons d'en faire usage sans scrupule, parce qu'il a l'avantage d'être plus simple, plus familier, et que d'ailleurs il sera facile à chacun de réformer ce qu'il peut avoir d'inexact.

CHAPITRE IV.

Du Soleil.

Nous ne pouvons pas espérer d'avoir des connoissances certaines sur la nature du soleil. Ce Roi des astres nous paraît semblable à un globe de feu : on croirait que c'est un amas de ma-

tières actuellement embrasées, et dans l'état d'ignition le plus violent. Le soleil nous dispense la lumière et la chaleur. Cependant bien des philosophes pensent qu'il ne possède point ces deux qualités en lui-même; et ils se fondent pour les lui refuser, sur des raisons assez plausibles. 1.° Nous ne connaissons point de feu qui n'ait besoin d'aliment, qui ne s'affaiblisse et ne se consume avec le temps. Ce n'est point là ce qui a lieu pour le soleil : il paraît brûler toujours avec la même vivacité; et cependant rien de connu au moins, ne vient de temps en temps alimenter ce grand foyer. En second lieu, la chaleur des rayons solaires diminuant progressivement à mesure qu'on s'éloigne de la terre, l'on est autorisé à penser qu'à une certaine distance du globe, ils n'en produisent plus du tout, quoiqu'on soit alors en quelque sorte plus près du soleil dont ils émanent, et qu'ils soient moins affoiblis par l'interposition de l'air grossier. L'on peut donc soupçonner que la chaleur qu'ils excitent ici bas auprès de la surface de la terre, ne leur appartient pas en propre, et qu'ils ne font autre chose qu'opérer par leur action le développement de cette chaleur. Quant à la lumière, il peut se faire aussi que le soleil la produise, sans qu'elle s'échappe de son sein, et seulement en ébranlant un fluide lumineux qui existerait hors de cet astre : c'est au moins l'o-

pinion qu'ont embrassée un grand nombre de philosophes célèbres ; quoiqu'il soit vrai de dire que le système de l'émission de la lumière est plus généralement admis, et qu'il paraît convenir mieux avec les faits.

L'on ne peut donc avoir sur la nature du soleil que des conjectures plus ou moins probables. Cependant pour le connaître plus particulièrement, s'il est possible, observons-le de plus près. Tournons vers lui ces télescopes que nous avons employés déjà avec avantage ; et il ne faut pas que la grande vivacité de la lumière du soleil nous effraye : un verre noirci à la fumée, ou fortement coloré, nous garantira de cette vive clarté, sans nous empêcher de voir le foyer d'où elle part.

On remarquera d'abord, en observant le soleil avec une lunette, que son image en est considérablement aggrandie ; ce qui nous apprend déjà que cet astre est beaucoup plus près de nous que les étoiles, sur lesquelles on a vu que les mêmes instrumens étaient sans effet. L'on découvrira ensuite que ce disque si brillant, dont la lumière paraît si pure, est pourtant souillé de plusieurs taches plus ou moins grandes, plus ou moins nombreuses. Ces taches sont des parties de la surface du soleil tout à fait noires et sans lumière : les unes sont assez bien terminées, et paraissent solides : d'autres ressemblent à des

nuages, à des vapeurs qui s'éleveraient au dessus de la matière lumineuse.

Ces taches ne sont pas toujours en même nombre : l'on en a compté quelquefois 60 ou 80 sur la moitié visible du soleil. Il a pu même arriver, à ce que quelques-uns croient, que la lumière de cet astre en ait été sensiblement affaiblie. D'autres fois elles sont en très-petit nombre : à peine peut-on en découvrir deux ou trois. Il y a même eu des temps, il s'est passé même des années entières, où le disque du soleil a paru net, et exempt de toute impureté. Les taches du soleil sont toujours environnées d'une nébulosité, c'est-à-dire, que ce qui est autour de ces taches, jette moins de lumière que le reste de la surface du soleil. Elles n'ont point d'ailleurs une forme constante; mais elles sont sujettes à des changemens assez fréquents. Il en est qui disparaissent quelquefois en peu de temps, pour reparaître ensuite ou à la même place, ou dans quelque autre endroit : d'autres sont comme permanentes, et conservent la même figure pendant un temps assez long. On remarque encore à la surface du soleil des taches brillantes, c'est-à-dire des endroits qui paraissent plus lumineux que tout le reste.

Ce fut au commencement du siècle dernier que Galilée, le P. Scheiner jésuite, et Fabricius, firent à peu près en même temps la découverte

des taches du soleil. Les physiciens ont essayé de les expliquer de différentes manières. Les uns ne faisant attention qu'à la mobilité de la plûpart de ces taches, à leur peu de durée, et aux fréquents changemens qu'elles éprouvent, en ont conclu qu'elles étaient une fumée, ou une espèce d'écume qui s'élevait au travers de la matière fluide du soleil, et la surnageait. D'autres se fondant sur l'apparition plus constante de quelques autres taches, les ont prises pour des corps solides, qui étaient à quelque distance de la surface du soleil, et qui tournaient autour de cet astre. Mais outre que cette explication ne rend pas raison des taches changeantes; des corps solides, tels qu'on les suppose ici, devraient avoir toujours la même grandeur apparente, soit qu'on les vît répondre au milieu, ou aux bords du disque solaire. Or c'est ce qui n'a point lieu pour ces taches : sur les bords, elles ressemblent à de petits filets obcurs; vers le milieu du disque, elles ont beaucoup plus d'étendue Dans le premier cas on ne voit que leur épaisseur, ou leur élévation au dessus du soleil, qui n'est jamais bien considérable, et dans le second on voit toute la largeur de leur surface. Cette dernière observation prouve évidemment que ces taches sont adhérentes au corps même du soleil. Aussi M. de la Hire, et c'est ici l'opinion qu'on trouvera la plus probable, a-t-il cru qu'elles

n'étaient autre chose que les éminences, ou les sommets des montagnes du soleil, lesquels se trouvent quelquefois au dessus de la matière fluide et lumineuse qui baigne toute la masse de cet astre. Cette matière, par l'effet d'un flux et reflux, ou de toute autre agitation, dont la cause nous est inconnue, s'éléverait tantôt plus, tantôt moins; de même que notre océan couvre quelquefois de ses vagues des rochers, qui demeurent à découvert lorsque les flots sont tranquilles. Herschel pense aussi que les taches du soleil font partie de la surface de cet astre : il croit avoir reconnu que ces taches sont au dessous du niveau de la matière lumineuse. M. de Lalande ne paraît pas du même avis, et les croit plus élevées, ou flottantes sur cette matière.

Les taches du soleil nous ont fait connaître un fait important, qui, sans elles, nous serait toujours demeuré caché. Si l'on suit pendant quelques jours une de ces taches fixes et permanentes, et que l'on remarque le lieu qu'elle occupe sur la surface du soleil, on la verra s'avancer peu à peu, s'éloigner d'un bord pour s'approcher de l'autre, diminuer de grandeur quand elle est sur le point d'atteindre celui-ci, et disparaître enfin totalement. Mais au bout d'une douzaine de jours l'on verra reparaître cette même tache sur le bord opposé, pour suivre encore à peu près la même route. Puisque ces taches

font partie de la surface du soleil, c'est donc le soleil lui-même qui tourne, et qui les emporte avec lui dans ce mouvement de rotation. Voilà donc dans la nature un grand corps, qui se meut sur lui-même, et qui fait, comme on l'a établi pour la terre, une révolution sur son axe. La rotation de la terre n'est donc point un phénomène unique et sans exemple dans le ciel. Le soleil et tous les autres corps célestes, que nous étudierons dans le cours de cet ouvrage, sont soumis à la même loi ; et cette généralité nous fera sans doute admettre avec moins de répugnance ce mouvement de rotation dans le globe terrestre.

Les observations les plus exactes donnent pour la durée d'une révolution du soleil sur lui même, $25^{j}\ 14^{h}\ 8^{m}$; et les taches reviennent à la même position par rapport à nous, au bout de $27^{j}\ 12^{h}\ 20^{m}$ Cette différence vient de ce que pendant les 25 jours et demi qu'il faut au soleil pour faire un tour sur son axe, cet astre a avancé, dans le ciel d'une certaine quantité, et ne se trouve plus au bout de ce temps-là, dans la même position par rapport à la terre. Il faut donc qu'il continue encore à tourner, pour qu'il puisse nous présenter la même partie de sa surface ; et ce n'est que deux jours après sa révolution entière, qu'il se trouve dans le même aspect par rapport à nous.

Puisque le soleil tourne sur lui même, comme la terre, il a donc aussi un axe sur lequel se fait cette révolution, deux points immobiles à sa surface, qui sont ses poles, et un équateur, qui est le cercle également éloigné de ces deux points. La révolution du soleil ne se fait pas dans le même plan que celle de la terre ; mais elle se fait dans le même sens, c'est-à-dire, d'occident en orient. Sur quoi il faut observer, que si l'on suit la marche d'une tache du soleil, on la verra aller du bord oriental au bord occidental, et l'on pourra croire d'abord que le soleil tourne d'orient en occident ; mais si l'on fait attention, que c'est la partie inférieure du soleil que nous voyons, et que lorsque deux globes tournent dans le même sens, les faces qui se regardent doivent paraître aller en sens contraire, l'on se convaincra aisément, que le mouvement du soleil se fait de la même manière, et dans le même sens que celui de la terre.

Les taches du soleil nous ont encore appris, par leur diminution apparente auprès des bords, que cet astre à, comme notre terre, une forme sphérique. S'il nous paraît plat, c'est qu'à cause de l'éloignement, nous ne pouvons pas distingner les parties les plus avancées de celles qui le sont moins. Un globe placé à une grande distance, ne nous offre plus que l'apparence d'un disque.

Nous trouvons encore un troisième trait de ressemblance, entre la terre et le soleil. La terre est enveloppée d'une grande masse d'air, qu'on appelle son atmosphere. Le soleil paraît aussi être environné d'un fluide très-léger, et lumineux par lui-même, dont la densité augmente à mesure qu'il est considéré plus près de la surface de cet astre ; comme la densité de notre air va en croissant à proportion qu'il est plus près de la surface de la terre. Cette atmosphere solaire se voit quelquefois dans les éclipses totales de soleil : elle forme alors autour de son disque obsurci une couronne de lumière qui s'étend à quelque distance, et dont l'éclat va en s'affaiblissant du centre à la circonférence. On s'est servi de cette atmosphere pour expliquer la lumière faible, et assez semblable à celle de la voie lactée, que l'on apperçoit quelquefois dans le ciel, peu après le coucher du soleil ; et qui partant du couchant, s'étend plus ou moins, sous la forme d'une pyramide, ou d'un demi fuseau, qui aurait sa base sur le soleil même. Cette clarté que l'on appelle *lumière zodiacale*, pour une raison qu'on verra dans la suite, occupe quelquefois plus de 100 degrés dans le ciel, et paraît bien en effet être une portion de l'atmosphere solaire. On trouve dans le recueil de l'académie des sciences, un excellent mémoire de M. de Mairan sur ce sujet. Le même académicien emploie encore cette atmosphere pour rendre raison

des aurores polaires, de ces lumieres diffuses, tantôt tranquilles, tantôt agitées, que l'on apperçoit de temps en temps le soir, et dans la nuit, du côté du nord dans notre hémisphère, et du côté du sud dans l'hémisphère opposé. La lumière qui accompagne les cometes sous la forme de queue, ou de chevelure, lui parait aussi due à la même cause.

Le soleil paraît occuper dans le ciel un espace d'un demi-degré environ. Si l'on connaissait à quelle distance de la terre il est placé, on pourrait d'après cela trouver sa grandeur réelle. L'on a déjà reconnu que les étoiles, quelques petites qu'elles semblent être, sont pourtant dans le vrai d'un volume énorme, puisqu'elles sont visibles pour nous, malgré leur grand éloignement. Le télescope d'ailleurs nous a appris que le soleil est à une bien moindre distance, puisqu'il aggrandit considérablement son image. Mais cette distance encore nous ne pourrons la connaître au juste, ou au moins la déterminer à peu près, qu'autant qu'elle aura un rapport assignable avec quelque autre distance déjà connue de nous : il nous faut donc réserver cette recherche pour le temps où nos connaissances nous auront mis à même de nous y livrer avec quelque succès. Passons à l'examen des divers mouvemens du soleil.

Le soleil fait comme les étoiles une révolution entière autour de la terre en 24 heures; et cela

doit être. Car la terre tournant réellement sur elle-même dans ce temps-là, il faut que le soleil comme les étoiles, paraisse participer à ce mouvement, et tourner avec elle en sens contraire de la rotation diurne de notre globe. C'est donc en apparence que le soleil se lève, et se couche; il ne traverse qu'en apparence les régions du ciel, pour féconder et vivifier les différentes parties de la terre. C'est la terre elle-même qui tourne devant lui, et présente à ses rayons bienfaisants les divers points de sa surface. Cependant, comme on en a déjà prévenu, l'on continuera d'employer les expressions d'usage.

Ce sont les différents points de la révolution apparente et journalière du soleil qui forment les époques de notre division du temps. On appelle *jour* le temps qu'il faut au soleil pour revenir au même endroit du ciel d'où il était parti la veille. Le choix de ce point du ciel est une chose arbitraire. Quelques peuples ont pris l'horison pour fixer le commencement du jour: d'autres ont choisi le méridien pour le même objet. Pour la plupart des habitants de l'Italie, le jour commence au coucher du soleil, et finit au coucher du jour suivant: les Babyloniens au contraire, commençaient le leur au lever de cet astre. Pour nous le commencement du jour date de l'arrivée du soleil à la partie inférieure du méridien; c'est-à-dire, que nous comptons un jour de minuit jusqu'à

minuit : presque tous les peuples de l'Europe font de même. Les astronomes commencent leur jour à midi, ou au passage du soleil par le meridien supérieur; et au lieu de le diviser en deux fois douze heures, comme on le fait dans l'usage civil, ils comptent depuis une heure jusqu'à 24 sans interruption : ainsi quand nous disons, par exemple, le 13 à cinq heures du matin, les astronomes disent, le 12 à 17 heures. Il est aisé de voir que de toutes ces méthodes, la meilleure est celle des astronomes. Les trois premières ont toutes trois cet inconvénient, que le commencement du jour ne peut pas être donné directement par l'observation. Ce n'est que par le calcul que l'on peut trouver le moment de l'arrivée du soleil à l'horison, ou au méridien inférieur ; au lieu qu'il est toujours facile de saisir le passage du soleil par le méridien supérieur: ce qui fait que le commencement du jour des astronomes est toujours déterminé avec la plus grande précision. Mais l'usage des Babyloniens et des peuples d'Italie a de plus encore le défaut de faire varier continuellement le moment du milieu du jour, et de jeter beaucoup d'arbitraire dans la manière de régler les horloges.

Le jour composé de 24 heures, et dont on vient de parler, est appellé *jour naturel*. Tous les jours naturels sont égaux, ou à peu près. Il est une autre espece de jour qu'on nomme *jour artificiel*: c'est le temps où le soleil est présent sur l'horison.

son. Le jour dans ce sens, est opposé à la nuit. On en parlera bientôt.

Outre le mouvement apparent, dont il vient d'être question, le soleil a encore un autre mouvement qui lui est propre, et qu'aucun autre corps céleste ne partage avec lui : en effet, si l'on suit cet astre pendant quelque temps, on s'apperçoit bien vîte qu'il ne se lève pas toujours au même point de l'horison ; que sa hauteur, lorsqu'il est arrivé au méridien, varie d'un jour à l'autre ; qu'il est enfin tantôt plus près, tantôt plus loin de notre zenith. Il est donc clair que le soleil change de place dans le ciel. Car nous ne dirons pas, comme quelques écrivains l'ont fait, et ceux-mêmes qui ont osé nier le mouvement diurne de la terre sur son axe ; nous ne dirons pas que ce déplacement successif et continuel du soleil n'est qu'une simple apparence, produite par un balancement alternatif dans l'axe de notre globe ; il est trop évident qu'une pareille cause devrait influer non seulement sur la position du soleil, mais encore sur celle de tous les autres astres.

D'un autre côté, en étudiant le ciel étoilé, l'on se sera sans doute apperçu, que les étoiles qui sont dans la partie orientale paraissent toujours plus avancées le soir à la même heure, et que dans la région opposée elles s'approchent tous les jours davantage de l'horison, ou plutôt du soleil, jusqu'à se perdre enfin dans les rayons de cet astre.

Mais les étoiles gardant toujours entre elles le même ordre, et le soleil se trouvant répondre successivement à différentes constellations, il est clair que c'est ce dernier astre qui est en mouvement et qui s'avançant peu à peu d'occident en orient, envahit ainsi les différentes régions du ciel. Le soleil marche donc sans relâche du côté du levant, tandis que la terre tourne aussi sans cesse devant lui; son mouvement réel, du moins nous le regardons comme tel pour le présent, se fait donc dans un sens opposé à celui de son mouvement journalier apparent : et puisque c'est le soleil qui nous sert à mesurer les temps, et qu'un jour est ce qu'il lui faut, pour revenir au méridien qu'il avait quitté, il suit que le jour est un peu plus long, qu'une révolution entière de la terre sur son axe.

En effet, lorsqu'un point de la surface du globe aura fait un tour entier par rapport aux étoiles, le soleil qui, pendant ce temps-là, a avancé vers le levant d'une certaine quantité, ne sera point encore pour ce lieu dans le même aspect où il était la veille : il faudra donc que la terre tourne encore un peu sur elle-même, pour qu'il se retrouve dans la même position. Le soleil fait environ un degré vers l'orient en 24 heures. Pour qu'un lieu de la terre, qui voyait aujourd'hui cet astre au méridien, le voie encore demain à ce même méridien, il est nécessaire que la terre, qui tourne aussi d'occident en orient, ait fait

361 degrés, ou un degré de plus que sa révolution entière. Mais ce degré de plus exige 4 minutes de temps. La révolution diurne de la terre par rapport au soleil, qui fait le jour naturel, est donc de 4 minutes plus longue que sa révolution, par rapport aux étoiles fixes. Ainsi la première se divisant en 24 heures, celle-ci ne sera que de 23 heures 56m; le lever des étoiles, ou leur passage au méridien, doit donc avancer tous les jours de 4 minutes : cette différence s'appelle l'*accélération diurne des étoiles*.

L'on peut se servir de cette accélération, pour reconnaître si le mouvement d'une pendule ou d'une montre est régulier et uniforme. Pour cet effet, on choisit quelque étoile brillante aux environs du méridien, dont on connaît toujours à peu près la position, et l'on note l'heure qu'il est, lorsque cette étoile se trouve derrière ou au dessus de quelque objet remarquable, qui soit aussi par rapport à l'observateur, à peu près dans le plan du méridien. Il faut que tous les soirs, en observant du même endroit, quand l'étoile se retrouve à la même place, la pendule ou la montre indiquent 4 minutes de moins que la veille. C'est là la méthode que les astronomes mettent en usage, pour savoir si leurs pendules avancent ou retardent dans l'espace de 24 heures. Mais pour plus de précision, ils fixent une lunette dans le plan du méridien, et la lunette

étant traversée par un fil vertical, ils saisissent le passage de l'étoile, au moment où elle paraît cachée par ce fil : et en faisant cette observation pendant quelques jours, ils connaissent ainsi la marche de leurs pendules. Le passage de l'étoile par la lunette doit anticiper tous les jours, non pas de 4 minutes, mais de 3 minutes 56 secondes seulement.

Il n'est personne qui n'ait observé que les hauteurs du soleil à midi variaient d'un jour à l'autre; que l'ombre des corps placés verticalement, mesurée à l'heure de midi, s'allongeait et s'accourcissait alternativement pendant l'année. Cette observation nous apprend déjà que la route du soleil n'est point parallèle au sens du mouvement journalier; et puisque cet astre est quelquefois plus, quelquefois moins élevé que l'équateur, le chemin qu'il trace dans le ciel, coupe donc ce cercle en deux endroits. Mais pour découvrir plus sûrement quelle est l'espèce de ligne que le soleil parcourt, il faut observer sa hauteur méridienne, lorsqu'il s'est le plus rapproché de notre zénith, et ensuite lorsqu'il s'en est le plus éloigné. Or, on trouve que dans ces deux cas sa déclinaison ou sa distance à l'équateur est la même; et comme au bout de 365 jours il se retrouve au même point, et qu'il recommence la même route, il suit que le soleil parcourt dans le ciel une courbe fermée, un grand cercle

qui rencontre l'équateur en deux points diamétralement opposés. Ce cercle s'appelle l'*écliptique*, pour une raison dont il sera question plus bas. Dans la figure 9[eme] *E Q* est l'équateur, *E C* est l'écliptique, *P* est le pole du premier, et *p* le pole du second : *E P Q* est un méridien passant par les poles des deux cercles, et par conséquent perpendiculaire à l'un et à l'autre : on l'appelle le *colure des solstices*.

L'écliptique et l'équateur sont donc deux grands cercles qui se coupent obliquement, et en deux parties égales. L'angle qu'ils font entre eux aux points de leur intersection est actuellement de 23° 28'. Il paraît que la grandeur de cet angle n'a pas toujours été la même ; on croit qu'elle était de 24 degrés juste, il y a 2000 ans : les dernières observations la font décroître de 47'' par siècle. La route du soleil s'écarterait donc toujours moins de l'équateur, et pourrait à la fin se confondre avec ce cercle. Mais plusieurs astronomes pensent que les variations de cette obliquité sont tantôt en plus, tantôt en moins, et que l'écliptique, après s'être rapproché quelque temps de l'équateur, s'en éloigne ensuite. Il faudra qu'il s'écoule encore bien des siècles avant qu'on sache rien de positif sur cet objet (*r*).

Voyons, avant de passer outre, comment on peut trouver l'angle que forment entre eux ces deux cercles invisibles, l'écliptique et l'équateur.

Lorsque deux cercles ayant le même centre, se coupent entre eux, l'angle qu'ils forment aux points où ils se rencontrent, est toujours égal à l'arc qui mesure leur distance respective dans l'endroit où ils sont le plus écartés. Il n'y a donc, pour avoir l'obliquité de l'écliptique, qu'à mesurer l'arc *C Q*. Or, cet arc exprime la plus grande déclinaison du soleil, ou la plus grande distance à l'équateur à laquelle il puisse parvenir ; car le point *C* de l'écliptique où il se trouve alors est le point de ce cercle le plus éloigné de l'équateur. Lors donc que le soleil cesse de s'approcher de nous aux environs du 20 de juin, ou prend pendant plusieurs jours de suite sa hauteur à midi. Cette hauteur peut se mesurer directement avec un quart de cercle, ou se trouver au moyen d'un *gnomon.*

Les anciens se servaient pour gnomon d'un obélisque, dont ils mesuraient l'ombre à midi. Il est évident que plus le soleil sera près du zénith, plus l'ombre d'un corps placé verticalement sera courte à cette heure là. Ainsi la longueur de cette ombre pourra faire connaître la hauteur du soleil, et sa distance au zénith ou à l'équateur. Mais comme l'ombre des corps n'est jamais assez bien terminée, on préfère aujourd'hui de se servir d'une plaque de métal, percée d'un trou pour laisser passer les rayons du soleil, et placée à une assez grande hauteur au

dessus du sol, où l'on a placé une ligne méridienne. Le moment du passage du soleil par le méridien, qui est le moment où il faut prendre sa hauteur, est celui où le centre de l'image lumineuse que forment les rayons transmis par l'ouverture de la plaque, tombe sur cette méridienne. Il est évident que plus le gnomon sera élevé, plus l'on obtiendra de précision dans ces sortes d'observations. Le gnomon le plus élevé connu, est celui de la cathédrale de Florence; il est placé à plus de 277 pieds au dessus du sol. Par l'un ou l'autre des deux moyens qu'on vient d'indiquer, l'on peut donc déterminer la plus grande hauteur du soleil; et comme l'élévation de l'équateur sur l'horison est déjà connue, il est aisé de savoir quelle est la distance du soleil à l'équateur, lorsqu'il en est le plus éloigné. On a donc ainsi la grandeur de l'angle que l'écliptique fait avec ce cercle, lequel est aujourd'hui, comme on l'a dit, de 23° 28′ moins quelques secondes.

Le temps que le soleil met à achever une révolution dans le ciel, est ce que nous appelons une *année*. Ce temps est de 365j. 5h. 48m. 45s. La véritable longueur de l'année n'a pas toujours été bien connue. Quelques peuples anciens l'avaient faite seulement de 360 jours; d'autres la firent de 365, sans tenir compte des heures et des minutes excédentes. Sous Jules-

César les astronomes du temps fixèrent à 365j. 6h. la durée d'une révolution du soleil. Ces six heures faisant un jour en quatre ans, il fut réglé que trois années consécutives n'auraient que 365 jours, et que toutes les quatrièmes années en auraient un de plus : ces années furent appelées *bissextiles*. Le jour de surplus y fut placé entre le 24 et le 25 de février. Mais dans cette détermination de la durée de l'année, il y a en plus une erreur de onze minutes et quelques secondes : or ces onze minutes font 24 heures en 134 ans, ou trois jours en quatre siècles. Par l'accumulation de cette erreur, on était déjà vers l'an 1580, en retard de dix jours sur le soleil. Grégoire XIII, qui était alors souverain Pontife, supprima par une bulle dix jours de l'année courante, et régla qu'à l'avenir on retrancherait trois jours sur quatre siècles. Par ce moyen il remit le calendrier d'accord avec le soleil, et empêcha en même temps qu'il ne s'y glissât encore de semblables désordres à l'avenir. Le réglement de Grégoire XIII est aujourd'hui généralement admis en Europe : c'est ce que l'on appelle la *réforme grégorienne*. Celle de Jules-César, se nomme *réforme julienne*.

Il y a dans la courbe que le soleil parcourt en un an, quatre points principaux et remarquables : les deux points où elle coupe l'équateur, et les deux où elle en est le plus éloignée

vers le nord et vers le sud. Les deux premiers s'appellent les points *équinoxiaux*, ou simplement les *équinoxes*, parce que quand le soleil s'y trouve, les jours sont égaux aux nuits par toute la terre. Les deux derniers ont reçu le nom de points *solsticiaux*, ou de *solstices*, par la raison que lorsque le soleil y est arrivé, il paraît y faire quelque séjour, sans s'approcher ou s'éloigner sensiblement de l'équateur. Ces quatre points partagent en quatre parties égales la circonférence de l'écliptique, et notre année en quatre saisons. Le printemps qui commence à l'époque où le soleil rencontre l'équateur en s'approchant de nous ; l'été qui date du moment où cet astre est arrivé à sa moindre distance de notre zénith ; l'automne dont le commencement est placé au retour du soleil à l'équateur ; et l'hiver qui arrive quand cet astre est à sa plus grande distance de notre zénith. Ainsi donc l'on distingue l'équinoxe du printemps, et l'équinoxe d'automne, le solstice d'été, et le solstice d'hiver.

Outre cette première division de l'écliptique, chaque quart de sa circonférence se divise encore en trois parties égales ; de façon que ce cercle a été partagé en douze portions, chacunes de 30 degrés, et qu'on appelle des *signes*. Un signe est donc une partie de l'écliptique de 30 degrés d'étendue : chacun de ces douze signes a reçu un nom particulier. Les voici dans leur

ordre naturel, en allant comme le soleil, d'occident en orient, et en commençant par l'équinoxe du printemps. Le Bélier, le Taureau, les Gémeaux, l'Écrevisse, le Lion, la Vierge, la Balance, le Scorpion, le Sagittaire, le Capricorne, le Verseau, les Poissons. Voici les figures par lesquelles on les représente avec leurs noms latins.

♈ ♉ ♊ ♋ ♌ ♍
Aries, *Taurus*, *Genimi*, *Cancer*, *Leo*, *Virgo*,
♎ ♏ ♐ ♑
Libraque, *Scorpius*, *Arcitenens*, *Caper*,
♒ ♓
Amphora, *Pisces*.

Les trois premiers signes appartiennent au printemps ; les trois suivans à l'été ; les trois autres à l'automne ; et les trois derniers à l'hiver ; c'est-à-dire, que nous avons le printemps, lorsque le soleil parcourt le premier quart de l'écliptique, ou les signes du Bélier, du Taureau et des Gémeaux ; l'été, lorsqu'il est dans le second quart, ou dans les signes du Cancer, du Lion et de la Vierge ; l'automne, lorsqu'il décrit le troisième quart de l'écliptique, qui renferme les signes de la Balance, du Scorpion et du Sagittaire ; et enfin l'hiver, quand il se trouve dans le quatrième quart, où sont les signes du Capricorne, du Verseau et des Poissons.

Les signes ont chacun exactement une étendue

de 30 degrés, comme étant la douzième partie de la circonférence de l'écliptique : les astronomes disent même un signe, deux signes, etc., au lieu de dire 30, ou 60 degrés de l'écliptique. Cette parfaite égalité des signes établit entre eux, et les constellations dont ils portent les noms, une première différence très-remarquable. On se rappelle que nous avons nommé le Bélier, le Taureau, les Gémeaux, etc., parmi les constellations, et que les signes de l'écliptique n'ont rien de commun que le nom. Les signes sont, comme on vient de le dire, tous égaux : ce sont des portions de l'écliptique de 30 degrés chacune. Les constellations au contraire occupent dans le ciel un espace plus ou moins grand. La constellation de la Vierge, par exemple, a plus de 40 degrés, tandis que l'Écrevisse n'en a qu'une vingtaine. Mais il y a plus : les constellations et les signes de même nom, ne sont plus ensemble dans le ciel, à cause du mouvement des nœuds, ou points d'intersection de l'écliptique avec l'équateur. Mais ceci demande une explication détaillée.

Lorsque les signes reçurent leurs noms, ils les empruntèrent, à ce qu'on croit, des constellations dans lesquelles ils se trouvaient alors placés. Mais n'est-il pas plus probable que les signes de l'écliptique ont été nommés avant ces constellations ? Cette opinion s'accorderaitbien mieux

avec le système ingénieux de M. Pluche. Cet écrivain estimé, a cherché les motifs des différentes dénominations appliquées aux signes de l'écliptique ; et il les trouve dans les rapports de ces signes, ou avec les travaux de la campagne, ou avec la marche du soleil. Ainsi le premier signe de l'été a reçu le nom d'Écrevisse, parce que le soleil commence alors à rétrograder, et qu'il paraît aller en arrière, en s'éloignant de notre zénith, dont il s'était approché auparavant ; le second a été appelé le Lion, pour désigner sous l'emblême de ce terrible animal, les torrens de feu que le soleil verse alors sur nos climats. La Vierge tenant un épi à la main, annonçait le temps de la moisson ; et la Balance qui est le premier signe de l'automne, indiquait par son seul nom, que l'équilibre était rétabli, et que le jour était devenu égal à la nuit. Enfin les raisons de ces diverses dénominations, apportées par cet ingénieux auteur, paraissent toutes si plausibles, qu'on ne peut guère se refuser à les admettre. Mais si ce système d'explication est vrai, il faut, comme on l'a dit, que ce soient les signes qui aient donné leurs noms aux contellations qui les portent. En effet, il n'y a guère que 2000 ans que les signes et les constellations de même nom, étaient ensemble dans la même partie du ciel. Mais la division de l'écliptique en douze signes, et les noms de ces différents signes sont

d'une bien plus haute antiquité. Or dans ces temps reculés, le signe du Bélier, par exemple, était bien éloigné de la constellation qui porte ce nom. Ce signe du Bélier avait donc déjà été ainsi nommé bien antérieurement à cette constellation. Ce signe était alors, comme il l'est à présent encore, le premier signe du printemps: il ouvrait l'année et marchait, pour ainsi dire, à la tête des autres signes, comme le bélier marche à la tête du troupeau. Lorsque donc le soleil recommençant sa carrière, entrait dans le signe du Bélier, il s'en fallait de beaucoup qu'il eût encore atteint la constellation à laquelle on a donné le même nom. Ce n'a été qu'après bien des siècles, que les signes se sont rencontrés dans les constellations de leurs noms. Depuis ce temps là, ils s'en sont toujours éloignés de plus en plus, et ils sont actuellement distants de près de 30 degrés. Ils continueront à s'en éloigner toujours davantage, jusqu'à ce qu'ils aient fait le tour du ciel, et qu'ils soient revenus à leur première position; ce qui ne peut avoir lieu qu'après plusieurs milliers d'années.

L'on a appelé *nœuds* de l'écliptique, les points où ce cercle rencontre l'équateur: ils sont la même chose que les points équinoxiaux. Les nœuds de l'écliptique ne sont pas toujours dans le même endroit du ciel; ils changent au contraire continuellement de place, et s'avancent d'orient en

occident par un mouvement rétrograde de $50'' \frac{2}{3}$ par année, ou de $1^{\circ}\ 23'\ 10''$ par siècle ; c'est-à-dire que tout le ciel étoilé paraît avoir un mouvement insensible, qui le transporte tout entier d'occident en orient le long de l'écliptique, et par lequel les étoiles acheveraient une révolution entière en 25972 ans. Mais ce ne sont pas les étoiles qui se meuvent ainsi, ce sont les points où l'écliptique coupe l'équateur qui rétrogradent continuellement d'orient en occident. La plupart des mouvemens célestes se faisant d'occident en orient, on appelle *direct*, tout mouvement qui se fait dans ce sens là, et *rétrograde*, celui qui se fait dans le sens contraire : ainsi les nœuds de l'écliptique reculant sans cesse vers l'occident, leur mouvement est rétrograde ; et les étoiles étant toujours plus éloignées de ces points du côté de l'orient, paraissent avoir à leur égard un mouvement direct.

Si donc le premier degré du signe du Bélier, ou l'équinoxe du printemps répondait cette année à une certaine étoile, l'année prochaine, ce même point équinoxial se trouvera éloigné de cette étoile de 50 secondes environ, du côté du couchant, et dans un siècle il en sera distant de plus d'un degré et un tiers. Cette rétrogradation continuelle des points équinoxiaux est cause que les constellations qui se trouvaient avec les signes de même nom, il y a 2000 ans, en sont aujour-

d'hui éloignées du côté du levant de près de 30 degrés. La constellation du Bélier est donc actuellement avec le signe du Taureau, celle du Taureau avec le signe des Gémeaux, et ainsi des autres. Il suit de cela que l'ascension droite des étoiles doit augmenter continuellement, puisque leur distance au point équinoxial du printemps augmente sans cesse. Quant à la déclinaison, elle change aussi pour toutes les étoiles ; mais elle va en croissant pour les unes, tandis qu'elle diminue pour les autres. La raison en est, que c'est l'équateur qui change de place sur l'écliptique, et qui s'approche ainsi de certaines étoiles, tandis qu'il s'éloigne des autres. La distance de l'étoile polaire au pole doit donc aussi changer continuellement, et cet astre dans le cours de la grande révolution, doit s'en approcher et s'en éloigner alternativement.

Outre l'effet dont on vient de parler, le mouvement rétrograde des nœuds de l'écliptique en produit encore un autre qui mérite quelque considération. Nous avons appelé année, le temps qu'il faut au soleil pour faire une révolution dans le ciel, ou pour parcourir les 360 degrés de la circonférence de l'écliptique : mais cela n'est point exact. Comme nous considérons le soleil principalement dans ses rapports avec nous, l'on doit définir l'année, le temps qu'il faut au soleil pour ramener la même saison, ou pour revenir au

même équinoxe. Or, ce dernier temps est de quelque chose plus court que le premier. En effet, l'on vient de voir que les points équinoxiaux rétrogradaient sans cesse, et que la valeur de cette rétrogradation était de plus de 50 secondes de degrés dans un an. Par conséquent le soleil parti cette année de l'équinoxe du printemps, et d'un certain point du ciel, arrivera l'année prochaine à ce même équinoxe, sans avoir atteint encore le même point du ciel; car le mouvement annuel du soleil se fait d'occident en orient, et celui des points équinoxiaux se fait au contraire d'orient en occident. Ces points viennent donc, pour ainsi dire, au devant du soleil, qui les rencontre auparavant d'avoir achevé les 360 degrés de son orbite. Cet effet du mouvement rétrograde des nœuds de l'écliptique, s'appelle la *précession des équinoxes*; parce qu'en effet les équinoxes anticipent continuellement, et qu'ils arrivent tous les ans avant que le soleil ait fait une révolution entière dans l'écliptique.

La précession des équinoxes est cause qu'on distingue deux sortes d'années : l'année *équinoxiale* qui est déterminée par l'arrivée du soleil au même équinoxe d'où il était parti; et cette année est, comme on l'a dit plus haut, de 365^{j}. 5^{h}. 48^{m}. 45^{s}. L'année *sidérale*, qui est le temps qu'il faut au soleil pour achever une révolution dans l'écliptique, ou pour revenir à la

la même étoile qu'il avait quittée; et celle-ci est de $365^j\ 6^h\ 9^m\ 20^s$, parce qu'il faut au soleil 20 minutes et 35 secondes de temps pour faire les 50 secondes de degré, dont le point équinoxial s'est avancé vers lui dans l'espace d'une année. Il sera parlé dans un autre temps de la cause à laquelle on attribue cette rétrogradation des points équinoxiaux. L'année sidérale n'est pour nous d'aucun usage. Il y a une troisième espèce d'année : c'est l'année civile. Celle-ci est ordinairement de 365 jours, et quelque fois de 366, comme on l'a expliqué ci-dessus.

L'année équinoxiale commence à l'équinoxe du printemps : c'est à ce point que l'on rapporte le mouvement du soleil ; c'est de là que les astronomes commencent à compter son ascension droite, de même que celle de tous les astres. C'est donc à cette époque qu'il conviendrait aussi de commencer l'année civile : mais les différents peuples, ou ceux qui leur ont imposé des lois, ont fixé le commencement de l'année à des époques différentes, suivant les circonstances ou les usages établis. Depuis Jules-César, l'année commençait pour nous au premier de janvier, c'est-à-dire dix jours après le solstice d'hiver. Des événemens politiques ont fait placer au 23 de septembre, ou équinoxe d'automne, le commencement de la nouvelle année française.

Les signes de l'écliptique ont été divisés de

différentes manières. On les distingue en signes ascendants, et signes descendants; en signes méridionaux ou inférieurs, et signes septentrionaux ou supérieurs; en signes du printemps, signes d'été, signes d'automne, et signes d'hiver. Les signes ascendants sont ceux que parcourt le soleil, depuis le moment où il commence à se rapprocher de notre zénith, jusqu'à celui où il en est le plus près possible; c'est-à-dire, depuis le solstice d'hiver jusqu'au solstice d'été : ces signes sont donc le Capricorne, le Verseau, les Poissons, le Bélier, le Taureau, les Gémeaux. Les six autres signes sont les signes descendants : ce sont ceux que le soleil parcourt pendant tout le temps qu'il s'éloigne de nous. Quant à la division des signes en septentrionaux et méridionaux, il est aisé de voir sur quoi cette distinction est fondée, et de reconnaître que les six premiers signes, à dater de l'équinoxe du printemps, sont ceux qu'on appelle septentrionaux, et que les six autres sont les signes méridionaux.

La division de l'écliptique en douze signes, répond à notre division de l'année en douze mois. Suivant notre ancien calendrier, qui est encore celui de toute l'Europe, l'entrée du soleil dans chaque signe n'arrive pas le premier jour de chaque mois : elle a lieu aux environs du 20, ce qui n'est guere naturel. Elle n'arrive pas même à un jour fixe, et qui soit le même dans

chaque mois ; c'est tantôt le 19, ou le 20, tantôt le 21, ou le 22, et même le 23. Dans le nouveau calendrier, l'entrée du soleil dans chaque signe concourt avec le commencement du mois, ce qui vaut mieux ; mais elle n'arrive pas non-plus à une époque fixe, et la même pour tous les mois de l'année : elle peut se faire au 1er, 2e, 3e et même 4e jour. Cette espece de bisarrerie vient de deux causes différentes.

Premièrement il faut au soleil un peu plus de 365 jours pour parcourir tous les signes de l'écliptique : or ce nombre ne pouvant pas être divisé exactement en douze parties égales, il suit que la marche du soleil ne peut pas cadrer avec notre division actuelle en douze mois égaux, auxquels on a ajouté cinq jours complémentaires. Elle ne pouvait pas non plus s'accorder avec l'ancienne division en douze mois inégaux, parce que l'inégalité de ces mois n'avait aucun rapport avec elle.

D'un autre côté, le mouvement du soleil ne se fait pas avec toute l'égalité qu'on lui supposerait. Il ne faut pas croire que cet astre avance réguliérement dans l'espace d'un jour de 59 minutes 8 secondes ce qui est la 365e partie des 360 degrés de l'écliptique. Quelquefois il fait par jour jusqu'à deux minutes de plus et d'autres fois jusqu'à deux minutes de moins. Ainsi il emploira tantôt plus, tantôt moins de temps, pour avancer d'un signe ou de 30 degrés. Cette inégalité dans le mouvement du soleil est trop

importante, pour que nous ne nous arrêtions pas à en rechercher les causes, et à en considérer les effets. Voyons d'abord comment on a pu s'appercevoir que le mouvement du soleil est inégal.

Le mouvement du soleil peut se considérer sous trois points de vue différents. Premièrement on peut le rapporter à l'équateur, et c'est alors ce qu'on appelle le mouvement du soleil en déclinaison. La déclinaison est pour le soleil, comme pour les étoiles, la distance à l'équateur. Pour avoir la déclinaison du soleil pour un jour donné, on attend qu'il soit arrivé ce jour-là au méridien, et l'on prend dans ce moment sa hauteur au dessus de l'horison. En comparant ensuite cette hauteur avec celle de l'équateur, connue d'ailleurs, il est facile d'avoir la déclinaison demandée. En cherchant ainsi la déclinaison du soleil pour tous les jours de l'année, on trouve qu'elle ne varie pas de la même quantité d'un jour à l'autre; et que le mouvement du soleil dans le sens perpendiculaire à l'équateur est fort inégal. Cela vient de la position de l'écliptique par rapport à ce cercle, comme on peut le voir par la fig. 11e, où la droite *A B Q* représente l'équateur, et la courbe *A C B E Q*, l'écliptique. On voit par cette figure, que l'écliptique est à-peu-près parallèle à l'équateur aux environs des solstices *C*, *E*; et que c'est aux équinoxes *A*, *B*

qu'il forme avec ce cercle l'angle le plus ouvert. Si l'on divise donc en un certain nombre de parties égales la portion *A C* ou *B E* de l'écliptique, comprise entre un équinoxe et le solstice suivant, on trouvera que ces différentes parties, considérées séparément et rapportées à l'équateur, s'inclinent de plus en plus à ce cercle depuis l'équinoxe jusqu'au solstice, où elles lui sont enfin parallèles. Il résulte de là que le mouvement par lequel le soleil s'approche ou s'éloigne de l'équateur, en marchant le long de l'écliptique, ne saurait être égal ; et que les variations journalières en déclinaison doivent diminuer continuellement d'un équinoxe au solstice suivant, et augmenter au contraire depuis un solstice jusqu'à l'équinoxe d'après. Si l'on suppose donc que le soleil avance tous les jours de la même quantité dans l'écliptique, il est évident, par la figure 11e, que son mouvement diurne en déclinaison doit varier d'un jour à l'autre, et de la manière que nous venons de dire : mais cette inégalité dans la déclinaison journalière du soleil ne nous offre pour le moment aucune conséquence intéressante : l'on n'en a parlé ici que par occasion.

Secondement, on rapporte le mouvement du soleil au colure des équinoxes, et la quantité dont il en est éloigné, en comptant de l'équinoxe du printemps, s'appelle comme on sait, son ascension droite. Au moyen d'un arc de grand cercle,

abaissé du centre de cet astre perpendiculairement sur l'équateur, on a le lieu du soleil rapporté à ce cercle ; et l'ascension droite de ce point, ou sa distance à l'équinoxe du printemps marqué par le premier degré du Bélier, comptée d'occident en orient, est l'ascension droite du soleil. Dans la figure 11[e], le soleil étant en *S* sur l'écliptique, le point *D* est son lieu dans l'équateur; *A D* est son ascension droite, et l'arc *S D*, sa déclinaison. Lorsque le soleil est en *A*, ou au premier degré du Bélier, alors son ascension droite est nulle ou zéro. A partir de là elle commence à croître, et à mesure que le soleil avance dans l'écliptique, il s'éloigne de plus en plus de l'équinoxe du printemps, et son ascension droite va donc ainsi en augmentant : au solstice d'été, en *C*, elle est déjà de 90 degrés ; elle est de 180 à l'équinoxe d'automne *B*, de 270 au solstice d'hiver *E*, et de 360 ou zéro, lorsqu'il est de retour au même équinoxe du printemps.

L'ascension droite du soleil va donc en croissant pendant toute l'année, depuis zéro jusqu'à 360 degrés ; mais elle ne croît pas tous les jours de la même quantité. En supposant, ce qui n'est pas, que le soleil fît toujours en 24 heures le même chemin dans l'écliptique, la position oblique de ce cercle sur l'équateur serait cause que son mouvement en ascension droite ne serait point égal. En effet, si dans la figure 11[e] l'on prend vers

les équinoxes et aux solstices, des portions de l'écliptique de même longueur, l'on verra qu'il n'est pas possible qu'elles répondent à des parties égales de l'équateur. Cet astre paraîtra donc avancer moins en ascension droite, lorsqu'il se trouvera dans le voisinage des équinoxes, et avancer au contraire davantage aux environs des solstices; parce que dans le premier cas la direction de son mouvement fait avec l'équateur le plus grand angle possible, et que dans le dernier elle lui est comme parallèle. L'arc *AR*, par exemple, de l'écliptique étant supposé de 12 degrés, répondra à raison de son obliquité à un arc *A Z* de l'équateur, qui ne sera que de dix degrés; tandis que l'arc *S C* que je suppose de 8 degrés seulement, aura pour correspondant un arc *D F* de 9 à 10 degrés. Un globe, sur lequel sont tracés l'écliptique et l'équateur, rend ceci extrêmement sensible. Le mouvement du soleil rapporté à l'équateur, serait donc nécessairement inégal, quand même la marche de cet astre dans l'écliptique serait parfaitement uniforme.

L'ascension droite du soleil, n'est pas la quantité réelle dont il s'éloigne du premier degré du Bélier, dans le sens de son mouvement propre, mais bien la portion de l'équateur comprise entre ce point et celui qui correspond au centre du soleil. Mais comment trouver l'ascension droite du soleil pour chaque jour de l'année? La première

chose à faire pour résoudre ce problême, c'est de reconnaître les points équinoxiaux dans le ciel. Si l'on attend que le soleil ait à midi précisément la même élévation que l'équateur, ou que sa déclinaison soit nulle; alors si l'on observe le ciel à minuit suivant, l'on aura dans le méridien, et à la hauteur où était le soleil à midi, le point équinoxial opposé. L'on pourra trouver de la même manière l'autre équinoxe et les deux solstices; et l'on déterminera la position de ces points importants au moyen des étoiles placées dans leur voisinage.

Après avoir trouvé l'équinoxe du printemps, il sera facile d'avoir l'ascension droite du soleil, soit en le comparant directement à ce point équinoxial, soit en le rapportant à quelque étoile, dont l'ascension droite serait connue. Par exemple, si au moment où le centre du soleil est arrivé au méridien, la pendule marquait midi et un quart, ou $0^h\ 15^m$; et qu'à $6^h\ 45^m$ du soir on ait observé le passage d'une étoile, ayant 200 degrés d'ascension droite; il est facile de voir qu'au moment où le soleil a passé par le méridien, son ascension droite était moindre que celle de l'étoile de toute la portion de l'équateur qui a passé ensuite par ce cercle en $6^h\ 30^m$ de temps: or chaque heure répond ici à $15^d\ 2^m\ 28^s$: c'est donc $97^d\ 46^m\ 2^s$ à retrancher de 200^d: l'ascension droite du soleil au moment de son

passage par le méridien, était donc de 102^{d} 13^{m} 58^{s}.

On a vu plus haut que dans les 24 heures, la terre faisait un peu plus d'une révolution entière; qu'un point quelconque de sa surface faisait dans ce temps-là à peu près 361 degrès : il paraîtra donc passer par le méridien dans l'espace de 24 heures, 361 degrés de la sphère céleste, ou plus exactement 360^{d} 59^{m} 8^{s}; ce qui fait 15$_{d}$ 2^{m} 28^{s} à peu près par heure. Lorsqu'on à parlé de l'ascension droite des étoiles, on a dit qu'il fallait changer le temps en degrés, à raison de 15 degrés par heure; mais c'est qu'alors ne connaissant point le mouvement propre du soleil, la véritable valeur des heures nous était également inconnue. Il faut donc corriger ce qui a été dit à cette occasion, conformément à la règle qu'on vient d'établir ici sur la conversion du temps en degrés.

Troisièmement enfin, le mouvement du soleil se considère en lui même, et tel qu'il est le long de l'écliptique; et pour pouvoir juger de qu'elle manière il se fait, on le rapporte encore à un point fixe, qui est toujours le premier degré du Bélier, ou le point équinoxial du printemps, lequel est commun à l'écliptique et à l'équateur. La distance du soleil à ce point, comptée sur le premier de ces deux cercles, est ce qu'on appelle sa *longitude*. Dans la figure 11e,

l'arc *A S* est la longitude du soleil supposé en *S*. Au moment de l'équinoxe du printemps, cette longitude est nulle comme l'ascension droite; mais à compter de ce jour, le soleil commence à s'éloiguer du premier degré du Bélier, où il ne se retrouvera plus que lorsqu'il aura achevé sa révolution entière. On commence donc aussi alors à compter la longitude, qui va toujours en croissant, depuis o jusqu'à 360 degrés. L'ascension droite et la déclinaison se trouvent par la simple observation : la longitude ne peut pas être donnée immédiatement par le même moyen. Mais lorsqu'on a l'ascension droite *A D*, (*fig.* 11[e]) et la déclinaison *S D*, il est facile, au moyen du triangle *A S D* de trouver la longitude *A S*. C'est donc le calcul qui donne la longitude; mais ce calcul est fondé sur l'observation de la déclinaison et de l'ascension droite. Si l'on cherche donc la longitude du soleil, pour plusieurs suites de jours, pris en différens temps de l'année, on reconnaîtra que son mouvement réel, le long de l'écliptique n'est point à beaucoup près égal et régulier, comme on l'aurait cru; mais que sa vîtesse est soumise à des accélérations et à des ralentissemens périodiques; de façon qu'il avance quelquefois en 24 heures de $57^m\ 11^s$ seulement, et d'autres fois de $61^m\ 11^s$: ce qui fait 4 minutes de degrés de différence dans cet intervalle de temps, entre sa plus grande et sa moindre vîtesse.

Le mouvement du soleil est donc inégal sous tous les points de vue: mais l'inégalité de ce mouvement en déclinaison nous intéresse peu ici: ce sont les deux dernieres qui vont nous arrêter un moment, et dont nous allons considérer les effets. La révolution de la terre sur son axe est, à ce qu'il paraît, parfaitement uniforme, et se fait toujours dans le même espace de temps. Une horloge à pendule qui serait réglée sur ce mouvement, et dont l'aiguille serait mise sur 12 heures, lors du passage d'une certaine étoile par le méridien, se retrouverait le lendemain, et tous les jours suivants, au même point de 12 heures, lorsque cette étoile arriverait au méridien. Les heures de cette horloge répondraient exactement à 15 degrés de la sphère céleste, et marqueraient ce qu'on appelle le *mouvement du premier mobile* (*s*). Les astronomes ont des horloges ainsi réglées, qui leur sont fort utiles pour leurs observations. Mais il est aisé de voir que ces pendules ne sont bonnes que pour eux. puisqu'elles avancent tous les jours de près de 4 minutes sur le soleil, et qu'elles ne peuvent se retrouver d'accord avec cet astre, qu'au bout d'une année entière. Dans cet intervalle de temps, l'aiguille a fait 366 fois le tour du cadran, parce que la terre fait réellement 366 révolutions sur son axe, dans les 365 jours de l'année solaire, et elle les fait avec une vîtesse dans laquelle on n'a pu appercevoir aucune espèce d'inégalité

Nos jours seraient donc exactement de la même durée, s'ils dépendaient uniquement du mouvement diurne de la terre. Mais le jour dépend encore de la marche du soleil dans le ciel : il est le résultat de la combinaison de ces deux mouvemens.

Pour que nous comptions un jour, il faut que le soleil soit revenu au méridien qu'il avait quitté. Ces retours du soleil au méridien ne se font pas à des intervalles de temps égaux entre eux. Si nous avons aujourd'hui saisi le moment de son passage par ce cercle, et mis la pendule sur 12^h dans ce moment-là ; que cette pendule soit d'ailleurs réglée de manière qu'elle indique encore 12^h demain, lorsque le soleil sera de retour au méridien : dans quelque temps cette même pendule, dont on suppose le mouvement parfaitement régulier, ne se trouvera plus d'accord avec le soleil ; c'est-à-dire, qu'elle sera en-deçà ou au-delà de 12^h, lorsque cet astre arrivera au méridien. Ce défaut de correspondance entre le mouvement de notre pendule et les retours du soleil au même méridien, vient de ce que le soleil, comme on l'a prouvé tout-à-l'heure, n'avance pas réguliérement tous les jours de la même quantité en ascension droite ; ce qui oblige la terre de tourner plus ou moins sur elle-même, pour se retrouver dans le même aspect avec lui.

Soit *a b c d*, (*fig.* 12e), le globe terrestre tour-

nant sur lui-même de droite à gauche ; et concevons que *A B C D* représente l'équateur céleste, dans lequel nous supposerons pour le moment que le soleil se meut dans le même sens. Le soleil étant en *A*, le point *a* de la terre voit cet astre dans son méridien : mais lorsque ce point aura fait une révolution entière dans le sens *a b c d*, et qu'il sera revenu en *a* ; il ne retrouvera plus le soleil au même point *A*, cet astre s'étant avancé dans ce temps-là de *A* en *E* : il faudra donc que le point *a* tourne encore un peu, et vienne en *e*, pour répondre au soleil de nouveau, et pour qu'il se soit écoulé un jour entier. Il est donc évident que la durée du jour sera plus ou moins longue, selon que le soleil aura fait plus ou moins de chemin dans le sens *A B C D*, pendant le temps que la terre tournait sur elle-même.

L'inégalité des retours du soleil à un même méridien, reconnaît deux causes : 1° la position oblique de l'écliptique sur l'équateur ; 2° le défaut d'uniformité dans la vitesse réelle de cet astre.

L'on a déjà observé, qu'à raison de son obliquité, des parties égales de l'écliptique ne pouvaient pas répondre à des parties égales de l'équateur. Or, c'est dans le sens de ce dernier cercle que se fait le mouvement journalier. Les 360 degrés de l'équateur céleste passent par le méridien dans l'espace de 23 heures, 56 minutes. C'est donc 15^{d} 2^{m} 28^{s} par chaque heure ; car le mouvement de

rotation de la terre est parfaitement égal, et l'équateur est perpendiculaire au méridien. Mais les différentes parties de l'écliptique étant différemment inclinées à ce méridien, il est clair qu'il ne peut pas se faire, quelle que soit l'uniformité du mouvement journalier, qu'il passe en temps égaux par ce dernier cercle des portions égales du premier. Un arc de l'écliptique emploira évidemment pour traverser le méridien plus ou moins de temps, selon qu'il lui sera plus ou moins incliné. Les parties voisines des solstices passeront donc par ce cercle plus lentement que celles qui sont aux équinoxes. Le mouvement du soleil, ou la quantité dont il avance dans son orbite, étant supposée la même, les retours de cet astre au méridien ne se feront pas à des intervalles égaux. Ces intervalles seront plus grands aux solstices, et plus courts aux équinoxes : il s'écoulera dans le premier cas plus de temps, et moins dans le second, depuis le passage du soleil par le méridien, jusqu'à son passage suivant par le même cercle.

Mais il existe encore une autre raison d'inégalité, laquelle dépend toujours de la position de l'écliptique. C'est autour de l'axe du monde, et sur ses poles que se fait la révolution journalière apparente ; et c'est à l'équateur qu'est la plus grande vîtesse de ce mouvement. Cette vîtesse diminue pour tous les points de la sphère, à me-

sure qu'ils sont plus éloignés de ce cercle. Or, l'écliptique en est éloigné vers le nord et vers le sud dans les solstices, d'environ 23^d et demi. Ces portions de l'écliptique doivent donc tourner moins vîte, que les parties correspondantes de l'équateur; c'est-à-dire donc, que tandis qu'un arc d'un degré, par exemple, de l'écliptique pris vers les solstices, traverse le méridien, il doit passer par le même cercle, et dans le même intervalle de temps, un arc de l'équateur de plus d'un degré. Dans les équinoxes il arrive tout le contraire; d'abord parce que les deux cercles sont dans cet endroit, moins que partout ailleurs, inclinés l'un à l'autre; et ensuite parce qu'ils tournent là avec la même vîtesse. Ceci se concevra peut-être encore plus aisément au moyen de la figure 13e.

Soit *P* le pole du monde, *E Q* l'équateur, *Q C* l'écliptique, *P E* le méridien. Si l'on imagine un autre méridien *P M* fort près du premier, les arcs *M E* de l'équateur, et *B C* de l'écliptique, seront les portions de ces deux cercles qui doivent passer par le méridien *P E* en même-temps. Mais comme les cercles *P E*, *P M*, qui partent des poles du monde, s'écartent entre eux de plus en plus, à mesure qu'ils s'éloignent de leur origine commune, jusqu'à l'équateur, où leur distance mutuelle est la plus grande possible, et que d'ailleurs l'écliptique et l'équateur sont parallèles l'un à l'autre dans les solstices, il suit que

l'arc *B C* du premier cercle, que les deux méridiens interceptent entre eux, est nécessairement plus petit que l'arc correspondant *M E* du dernier; et qu'ainsi un arc de l'écliptique choisi dans les solstices, et de la même longueur que l'arc *M E* de l'équateur, emploira plus de temps que celui-ci pour traverser le méridien : d'où il suit encore que si dans un jour le soleil a avancé sur son orbite d'une quantité égale à *M E*, il arrivera au méridien plus tard que le point *M* de l'équateur; et l'intervalle entre deux passages consécutifs du soleil par le méridien, sera donc aussi pour cette seconde raison, plus grand dans les solstices que dans les équinoxes.

Il résulte de ce qu'on vient de dire, que le mouvement du soleil doit nous paraître inégal; que sa vîtesse doit s'accélérer vers les solstices, et se rallentir aux équinoxes : car dans le premier cas il lui faut plus de temps pour revenir au méridien, et moins dans le dernier. Le mouvement propre du soleil se faisant d'occident en orient; tandis que le mouvement diurne apparent se fait en sens contraire, ces deux mouvemens sont donc opposés entre eux, et plus le soleil aura fait ou paru faire de chemin vers l'orient en 24 heures, plus il lui faudra de temps pour revenir au méridien qu'il avait quitté; et réciproquement lorsque le soleil mettra plus de temps à revenir à ce cercle, il nous paraîtra aussi que cet astre

a fait plus de chemin dans son orbite, ou que sa vîtesse s'est accélérée.

L'uniformité supposée dans le mouvement du soleil n'empêcherait donc pas qu'il ne nous parût inégal et variable, et que la durée de nos jours ne fût réellement soumise à des inégalités sensibles. Pour que les jours fussent tous égaux entre eux, il faudrait que le soleil parcourût toujours en 24 heures des arcs de l'écliptique, qui répondissent à des portions égales de l'équateur; puisque c'est ce dernier cercle qui nous sert à mesurer le temps. Il faudrait donc que son mouvement en longitude fût inégal, et qu'il s'accélérât ou se rallentît réellement suivant les lieux de l'écliptique où se trouverait le soleil. Le mouvement de cet astre, comme on l'a vu, est bien inégal en effet: mais cette inégalité n'est pas à beaucoup près telle qu'il la faudrait, pour corriger celle que produisent dans la durée des jours, l'écartement et l'obliquité de l'écliptique. Elle ne fait au contraire qu'ajouter, pour ainsi dire, une nouvelle cause de désordre, et augmenter l'irrégularité de la marche du soleil.

Il y a donc trois causes qui font que le mouvement du soleil rapporté à l'équateur ne peut être uniforme : 1° l'obliquité de l'écliptique ; 2° la quantité dont ce cercle s'éloigne de l'équateur ; 3° l'inégalité réelle du mouvement propre du soleil. Mais puisque le progrès journalier de cet astre

en ascension droite, est nécessairement inégal; il suit que les jours ne sauraient être exactement de la même durée, et qu'il doit y avoir entre eux une différence plus ou moins grande, dans les divers temps de l'année. D'après cela il sera facile de comprendre la distinction établie entre le *temps vrai* et le *temps moyen*.

On appelle temps vrai, celui qu'il est toujours au soleil: le midi vrai, par exemple, est le moment de l'arrivée de cet astre au méridien. Le temps moyen est celui qui serait indiqué par un soleil imaginaire, qui marcherait dans l'équateur d'un mouvement uniforme, ou qui avancerait tous les jours de la même quantité en ascension droite. Le midi moyen est le moment du passage de ce soleil fictif par le méridien; et ce moment arrive tantôt avant, tantôt après le midi vrai, selon que le soleil véritable se trouve plus ou moins avancé que l'autre en ascension droite. Dans le temps vrai les heures ne sont pas toujours de la même durée. Les heures solaires vraies sont au commencement de l'hiver plus longues qu'au commencement du printemps, de deux secondes chacune: c'est là la plus grande inégalité du mouvement du soleil comparé à lui-même dans deux temps différents de l'année. Cette différence dans la longueur des heures vraies vient, comme il est aisé de le voir, de ce que l'intervalle entre un midi et le midi suivant, que nous divisons en 24

heures, n'étant pas toujours le même, ces heures ne sauraient être de la même longueur dans tous les temps de l'année. Dans le temps moyen au contraire, les heures sont toutes exactement de la même durée : c'est comme un *mezzoterminé* que l'on a pris entre les deux extrêmes du temps vrai. C'est le temps moyen que marque une pendule bien réglée, dont le mouvement, pour être bon, doit être de la plus parfaite égalité. Une pendule de cette sorte ne peut donc pas s'accorder toujours avec le soleil, qui en vingt-quatre heures de temps avance quelquefois plus, quelquefois moins, relativement à l'équateur, et nous donne ainsi des jours tantôt plus longs, tantôt plus courts. Cette pendule ne peut indiquer le midi vrai que quatre fois dans l'année. 1° Lorsque le soleil, après avoir accéléré son mouvement pendant quelque temps, l'a ensuite suffisamment rallenti pour perdre toute l'avance qu'il avoit : ce qui arrive deux fois dans l'année, le 23 germinal (12 avril) et le 13 frutidor (31 août). 2°. Lorsque ayant accéléré de nouveau sa marche, il a regagné tout ce que lui avait fait perdre son rallentissement antérieur ; et ceci arrive encore dans deux circontances, le 25 prairial (14 juin), et le 2 nivose (22 décembre). Pendant tout le reste de l'année, la pendule doit avancer ou retarder sur le soleil : elle indique plus ou moins de midi, quand le soleil arrive au méridien. On a dressé

des tables de la quantité dont le temps moyen diffère chaque jour du temps vrai. La différence d'un jour à l'autre, ne va pas au-dela de 30 secondes. Mais la somme de ces différences accumulée pendant une longue suite de jours, peut aller jusqu'à 16 minutes 10 secondes; ce qui a lieu le 15 frimaire (premier novembre), où la pendule doit marquer au midi vrai 11h 45m 50s.

Une ligne méridienne est, comme on a vu, une ligne droite tracée sur la terre, de manière à se trouver exactement dans le plan du méridien céleste. Cette ligne peut être ou horisontale, ou verticale, ou inclinée à l'horison sous quelque angle que ce soit, pourvu qu'elle ne sorte point du plan du méridien, de ce cercle qui passe par le pole et par notre zénith. Lorsque le soleil répond à cette ligne, ce qui peut être indiqué par l'ombre d'un *stile*, ou par un *gnomon* percé à jour, il est alors au méridien. On peut donc avoir ainsi tous les jours le moment de l'arrivée du soleil au méridien, ou le moment du midi vrai. Quant au midi moyen, on peut l'obtenir de même en traçant une ligne d'après les observations suivantes.

L'intervalle entre deux midis vrais consécutifs variant sans cesse, le midi moyen, qui arrive toujours à des intervalles égaux, doit suivre quelquefois, et quelquefois dévancer le moment du midi vrai. La ligne destinée à indiquer celui-là,

doit donc se trouver en partie à droite, et en partie à gauche de la méridienne à temps vrai. De plus, ces deux sortes de temps ne s'accordant que quatre fois dans l'année, la méridienne à temps moyen doit rencontrer l'autre en quatre points différents : elle s'en écarte par-tout ailleurs plus ou moins à droite et à gauche, proportionnellement à la différence qui se rencontre entre les deux midis pour chaque jour de l'année. La méridienne à temps moyen prend ainsi une forme approchante de celle du chiffre 8, ou si l'on veut de celle du caducée que les anciens donnait à Mercure. Elle indique le midi moyen, ou le moment auquel le soleil imaginaire, dont nous avons supposé le mouvement en ascension droite toujours le même en 24h, où ce soleil, dis-je, arriverait au méridien, lorsque l'ombre du stile, ou l'image du soleil véritable vient à l'atteindre. Mais comme cette courbe a deux parties à droite et deux à gauche de la méridienne droite, pour éviter toute erreur, l'on place le long de cette ligne les signes des mois pendant lesquels chacune de ses parties doit servir. Par la forme de cette courbe, et sa disposition autour de l'autre ligne, on voit que le soleil, ou l'ombre du stile, doit l'atteindre plutôt ou plus tard que celle-ci, selon que la marche du soleil se rallentit, ou s'accélère, et que les jours deviennent plus courts ou plus longs. La différence entre les

deux midis, est ce que l'on appelle *l'équation du temps*. La figure 14e représente une méridienne à temps moyen, tracée sur un plan horisontal.

L'inégalité des jours ne vient pas uniquement de l'obliquité de la marche du soleil. Il est bien vrai, comme on l'a vu ci-dessus, que sa vîtesse n'est pas toujours la même, et qu'il n'avance pas tous les jours d'une égale quantité dans l'écliptique. Il s'agit à présent de rechercher d'où vient cette espece d'irrégularité, qui semble être un défaut dans la nature. Nous avons supposé que le soleil traçait un cercle dans sa révolution annuelle, et que nous étions placés au centre de ce cercle. Mais si l'écliptique était une courbe différente, ou si nous n'étions pas au centre de l'orbite solaire, il pourrait se faire que cet astre nous parût accélérer ou retarder sa marche, sans qu'il y eût rien de réel dans cette inégalité, et seulement parce que nous ne serions pas placés comme il faut, pour juger de sa véritable vîtesse. Tachons donc de découvrir la vérité à cet égard.

Si nous sommes au centre de la courbe que le soleil décrit dans une année, et que cette courbe soit un cercle, cet astre est donc pendant toute sa révolution à égale distance de la terre; sa grandeur apparente doit toujours être la même pour nous; et son diamètre mesuré en divers temps de l'année, doit être constamment de la même grandeur. Mesurons donc le diamètre

du soleil : mais observons auparavant qu'il n'est pas question ici de trouver la grandeur absolue de cet astre, et d'avoir son diamètre exprimé en unités connues, en lieues, par exemple ; nous n'avons encore aucun moyen de parvenir à cette connoissance. Il ne s'agit donc pour le moment, que de trouver l'espace que le soleil occupe sur les 360 degrés de la circonférence du ciel ; ou d'avoir son diamètre exprimé en parties du cercle. L'on peut employer différentes méthodes à cette fin. Deux observateurs pourraient prendre en même temps, l'un la hauteur du bord inférieur, et l'autre celle du bord supérieur du soleil, lorsqu'il est dans le méridien : la différence de ces deux hauteurs serait le diamètre cherché. On pourrait l'obtenir encore par le moyen de la chambre obscure. Les rayons du soleil introduits dans une chambre noire, par une très-petite ouverture faite au volet d'une fenêtre, après s'être croisés à leur passage par cette ouverture, s'écartent entre eux, et vont tracer sur un carton qu'on leur présente perpendiculairement, une image du soleil, dont la grandeur dépend de la distance du carton au point où les rayons se croisent. L'amplitude de cette image comparée à cette distance, fait connaître par un calcul fort simple, la grandeur du diamètre solaire, exprimée en parties de la circonférence du cercle. Cette dernière méthode à été emploiyée avec suc-

cès dans le dernier siecle, par un chanoine de Lyon, appellé Mouton.

Les astronomes suivent aujourd'hui un procédé entre autres plus simple, et plus propre à donner la mesure cherchée avec une grande exactitude. Ils observent quel temps il faut au disque du soleil pour traverser le méridien, et ils convertissent ensuite ce temps en minutes de degré, d'après les règles établies ci-dessus. On se rappelle que le champ de la lunette dont ils se servent pour leurs observations, est traversé par un fil vertical très-délié : ce fil représente le méridien, lorsque la lunette est dans le plan de ce cercle. Il est donc facile de saisir avec la plus grande précision, le moment où le disque du soleil atteint le méridien, et celui où il s'en sépare : s'il s'écoule deux minutes de temps depuis que le bord antérieur du soleil a touché le fil, jusqu'au moment où l'autre bord l'a quitté, on sera assuré que le diamètre de cet astre occupe dans le ciel un espace d'un demi-degré environ. Car dans une heure de temps il passe au méridien $15^d\ 2^m\ 28^s$: dans 2 minutes qui sont la 30e partie d'une heure, il passera donc $30^m\ 5^s$ à très-peu près. Ce serait donc là la valeur du diamètre solaire dans la supposition présente.

La méthode que l'on vient d'exposer n'a pas besoin de correction, lorsque le soleil se trouve dans l'équateur, ou que sa déclinaison est nulle,

ou à peu près, parce que dans ce cas il traverse le méridien perpendiculairement, et avec une vîtesse égale à celle du mouvement journalier. Mais s'il était à quelque distance de l'équateur, son passage par le méridien se ferait dans une direction oblique, et sa vîtesse serait moindre que celle de l'équateur, et d'autant plus qu'il serait plus éloigné de ce cercle, ainsi que cela a été expliqué ci-devant. La méthode exposée aurait donc alors besoin d'une correction sur laquelle nous ne nous arrêterons pas ici, et qu'on trouvera dans l'astronomie de M. de Lalande.

A présent, si en employant quelqu'un des moyens indiqués, on mesure le diamètre du soleil en divers temps de l'année, on reconnaîtra bien vîte, qu'il n'est pas toujours égal à lui-même. Il paraîtra plus petit dans les mois d'été, et plus grand dans les mois d'hiver : mais la différence n'est guère que d'une minute de degré. Le diamètre du soleil, d'après les mesures les plus exactes, est de $31^{m}\ 30^{s}$ et demie lorsque cet astre nous paraît le plus petit, et de $32^{m}.\ 34_{s}$ et demie lorsqu'il nous paraît le plus grand. Son diamètre moyen est donc d'environ 32 minutes ; c'est-à-dire, qu'il occupe dans le ciel un peu plus d'un demi-degré.

Cette différence dans la grandeur apparente du soleil étant bien constatée, il faut en conclure nécessairement que dans sa révolution annuelle, cet astre n'est pas toujours à égale distance de

la terre : la terre n'est donc plus au centre du cercle qu'il décrit. Nous regardons encore l'orbite du soleil comme un cercle, parce que nous n'avons jusqu'ici aucune raison de supposer que ce soit une courbe d'une autre nature. Le centre de l'orbite solaire est le point d'où l'on verrait toujours cet astre sous le même angle. Ce point est éloigné du lieu de la terre de 1680 ; la distance de la terre au soleil étant exprimée par le nombre 100000 ; c'est-à-dire, que s'il y avait de la terre au soleil cent mille lieues, par exemple, la terre serait éloignée du centre de l'orbite solaire de 1680 lieues : cette distance est ce qu'on appelle l'*excentricité du soleil*. Dans la figure 15e, *A B P D* représente l'orbite du soleil : le centre de cette orbite est en *C*, et la terre est supposée en *T*: *C T* est l'excentricité. Il est évident que le soleil en *A* doit nous paraître moins grand que lorsqu'il est en *P*, puisque sa distance à la terre est plus grande dans le premier cas, et plus petite dans le dernier.

Le soleil dans sa révolution annuelle se trouvant quelquefois plus près, et d'autres fois plus loin de la terre, il y aura un point *P* dans son orbite où il en sera à la moindre distance possible ; et un autre *A* où il en sera le plus éloigné qu'il se peut : le premier point a reçu le nom de *périgée*, et le dernier, celui d'*apogée*. Ces deux points sont diamétralement opposés dans le ciel ;

mais leur place n'est pas fixe et constante: ils changent au contraire sans cesse, et ont un mouvement, assez lent à la vérité, qui se fait suivant l'ordre des signes, et qui est de $1^d\ 49^m\ 10^s$ par siècle. L'apogée du soleil est à présent au 9e degré environ de l'Écrevisse ou *Cancer*, et le périgée se trouve à pareil degré du Capricorne. Ainsi le soleil arrive à sa plus grande distance de la terre, 9 jours après le solstice d'été, et il en est à sa plus grande proximité, 9 jours après le solstice d'hiver. On sera sans doute surpris que le soleil soit plus près de nous dans la saison la plus froide de l'année: rien de plus vrai cependant. Mais il faut observer que si malgré sa proximité, nos climats en reçoivent moins de chaleur, c'est qu'il demeure alors moins de temps sur notre horison, et que ses rayons nous parviennent dans une direction plus oblique. Il n'en est pas de même pour toutes les parties de la terre; et il y a des climats, comme on verra bientôt, qui éprouvent alors toutes les ardeurs d'un été brûlant.

La position de la terre hors du centre de l'écliptique doit rendre le mouvement du soleil inégal en apparence. En effet, il est clair que, lors même que cet astre marcherait constamment avec la même vîtesse, il devrait nous paraître aller plus lentement, lorsqu'il est plus loin de nous, et se mouvoir au contraire plus vîte, lorsqu'il en est plus près. L'inégalité du mouvement du soleil

pourrait donc n'être qu'une apparence produite par la circonstance de notre position : nous saurons par la suite si elle a quelque réalité. Il nous suffit, pour le présent, de nous être assurés que la terre n'est point au centre de l'orbite solaire, et d'avoir trouvé ainsi une cause probable des variations que nous avions observées dans la vîtesse du soleil.

Cette même position de la terre hors du centre *C*, est cause que la ligne *B D* qui passe par la terre, et qui est perpendiculaire à *A P*, partage l'orbite du soleil en deux parties inégales, et pour lesquelles il faut à cet astre des temps différents. Le soleil sera donc plus long-temps dans la partie *D A B* de l'écliptique, que dans l'autre partie *B P D*. Cependant en parcourant le premier arc, le soleil n'aura paru décrire que six signes, ou une moitié de son orbite ; et il paraîtra de même décrire les six autres signes, ou l'autre moitié de l'écliptique , en suivant l'arc *B P D*. Cet astre demeurera donc plus long-temps dans la portion *D A B*, qui renferme les signes septentrionaux, que dans la partie *B P D*, où sont placés les signes méridionaux : la différence est de sept à huit jours. Ainsi notre printemps et notre été ensemble, sont de sept à huit jours plus longs, que notre automne et notre hiver réunis.

Ce serait peut-être ici le lieu de parler de la grandeur réelle et de la distance du soleil. Mais nous n'avons pas encore les données nécessaires

pour arriver à ces connaissances. Il faut auparavant que nous cherchions à mesurer quelque grand corps plus voisin de nous, et dont la grandeur connue puisse nous servir à en connaître d'autres. C'est à notre terre que nous nous adresserons pour cet objet.

CHAPITRE V.

De la mesure de la Terre et de sa véritable figure.

Les cercles que nous avons imaginés dans le ciel, on les a aussi tracés sur la terre. Le mouvement journalier, qui n'est qu'apparent dans les astres, existe réellement dans notre globe. Il n'y a que deux points dans sa surface qui soient véritablement immobiles. Ces deux points répondent exactement à ceux que nous avons remarqués dans le ciel, et s'appellent les poles de la terre. La ligne qui aboutit à ces deux points, en passant par le centre du globe, en est l'axe : c'est sur cet axe que se fait la révolution diurne. Tous les points de la surface de la terre décrivent tous en 24 heures des cercles plus ou moins grands, qui ont leur centre sur cette même ligne. Celui de tous ces cercles qui est à égale distance des deux poles, s'appelle *l'équateur terrestre*. Il partage

le globe en deux moitiés, l'une boréale, et l'autre australe. Son centre est au centre même de la terre. Si l'on conçoit d'autres cercles passant par les poles et perpendiculaires à l'équateur, on aura les méridiens terrestres. Tous les pays qui sont situés sur la même ligne d'un pole à l'autre, ont tous le même méridien; mais ceux qui sont placés dans tout autre sens, ont tous des méridiens différens.

Les cercles dont on vient de parler, servent à déterminer la position des différents pays sur la terre. Cette position sera en effet connue, sitôt qu'on saura dans quel hémisphère un tel lieu est placé, et qu'elles sont ses distances à l'équateur, et à un méridien fixe et connu. La premiere de ces distances a reçu le nom de *latitude*, et la derniere, celui de *longitude*. Le méridien fixe d'où l'on commence à compter la longitude, est pour les géographes, celui qui passe par l'île de fer, la plus occidentale des îles Canaries: pour les astronomes français, c'est celui qui passe par l'observatoire de Paris; pour les Anglais, celui de l'observatoire de Greenwich, et ainsi pour les autres. En général les astronomes prennent pour méridien principal, celui du lieu où ils font leurs observations.

La latitude et la longitude terrestre répondent à la déclinaison et à l'ascension droite, et se comptent parfaitement de la même manière; ainsi

il y a une latitude boréale, et une latitude australe. La latitude est nulle à l'équateur; et à compter de ce cercle, elle va en croissant jusqu'au pole, où elle est de 90 degrés, et la plus grande possible. Pour la longitude, elle est également nulle, ou zéro, pour un pays situé sur le méridien principal: hors de là elle commence à croître à mesure qu'on avance d'occident en orient, et elle se compte depuis o jusqu'à 360 degrés; de façon qu'un pays qui ne serait qu'à un degré du premier méridien, mais au couchant, compterait, non pas un degré de longitude, mais 359 degrés. Il y a pourtant quelques géographes qui distinguent une longitude orientale, et une longitude occidentale: dans ce cas la longitude se compte à droite et à gauche du premier méridien depuis o jusqu'à 180 degrés seulement.

La latitude se trouve par une méthode semblable à celle qui nous a donné la déclinaison. Il y a la plus parfaite correspondance entre les cercles terrestres et ceux qu'on a imaginés dans le ciel: les premiers sont exactement dans le plan de ceux-ci; ou si l'on veut, ils ne sont que les intersections des plans de ces derniers avec la surface du globe terrestre: on aura donc la mesure en degrés d'un arc quelconque d'un cercle terrestre, en mesurant l'arc correspondant du cercle céleste. S'il s'agit de trouver la latitude d'une ville, de Lyon, par exemple, il n'y a autre chose

à faire qu'à mesurer l'arc du méridien céleste compris entre l'équateur et le zénith de cette ville. Le nombre des degrés de cet arc sera le même que celui de la portion du méridien terrestre compris entre l'équateur de la terre et Lyon. Or cet arc du méridien céleste est justement égal à l'élévation du pole au dessus de l'horison. En effet, il y a 90 degrés du pole à l'équateur : il y en a aussi 90 du zénith à l'horison. Si de ces deux quantités égales, on retranche ce qui leur est commun, la distance du pole au zénith, les deux restes seront égaux : et ces restes sont d'une part la hauteur du pole au dessus de l'horison, et de l'autre, la distance du zénith à l'équateur, autrement dit, la latitude.

Pour avoir la latitude d'un lieu, il faut donc chercher de combien le pole est élevé sur l'horison de ce lieu ; ce que nous avons déjà enseigné à faire : mais il y a encore d'autres moyens de connaître la latitude : il en sera question plus bas. Quant à la longitude on l'obtient en observant quel est le temps qui s'écoule entre le passage d'une étoile par le méridien du lieu en question, et son passage par le méridien principal, et changeant ce temps en degrés, comme on l'a dit, pour l'ascension droite. Ainsi une étoile passant au méridien de Lyon 9^m 59^s plutôt qu'à celui de l'observatoire de Paris, Lyon est plus oriental

oriental que Paris de 2^d et demi à peu près. Mais nous reviendrons sur ces deux problèmes dans la suite de cet ouvrage.

La connaissance des cercles terrestres et de l'exacte correspondance qui regne à cet égard entre le ciel et la terre, nous était nécessaire pour nous amener à une découverte très-importante, et qui d'abord semble être accompagnée de difficultés insurmontables. Il s'agit de connaître la grosseur du globe terrestre, de ce globe qui nous paraît être le corps le plus volumineux de la nature. Nous n'avons juqu'ici mesuré que des arcs de cercle en degrés et parties du degré; nous voulons à présent les mesurer en toises et en pieds. Les astronomes se sont de tout temps occupés du soin de déterminer l'étendue du globe terrestre, parce qu'ils ont compris que notre terre pouvait seule leur fournir la base de toutes leurs autres mesures. On trouve dans l'antiquité des déterminations fautives de la grosseur de la terre, et d'autres qui sont de la plus grande exactitude, sans qu'on puisse savoir quels moyens on avoit employés pour arriver à des résultats aussi exacts.

Les modernes ont aussi cherché à mesurer la terre. Fernel, en voyageant dans une chaise de poste, avait mesuré un degré du méridien terrestre, et ne s'était trompé que de 300 toises. D'autres en employant des moyens plus sûrs,

étaient tombés dans des erreurs beaucoup plus grandes. Enfin, Picard et Auzout, de l'académie des sciences, ayant beaucoup perfectionné les instrumens d'observation, exécuterent à la fin de l'avant dernier siecle la mesure de la terre avec une très-grande exactitude. Cette mesure a été encore vérifiée plusieurs fois dans le dernier siècle, et à peine a-t-on trouvé quelques petites corrections à y faire.

Mais quoi, pour mesurer la terre, faudra-t-il en parcourir toute l'étendue, la toise à la main? Non; nous avons reconnu qu'elle avait une forme sphérique: sa circonférence est donc un cercle. Tout cercle se divise en 360 parties égales. Il suffira donc de mesurer une de ces parties. Mais comment reconnaître sur la terre la longueur d'un degré? Par le moyen du ciel. Qu'on choisisse deux villes placées sous le même méridien; que l'on mesure avec soin l'arc du méridien céleste compris entre les zénith de ces deux villes: ce sera la mesure en degrés de l'arc terrestre qui les sépare l'une de l'autre. Il ne s'agit plus après cela que de toiser la distance en ligne droite de ces deux villes. Il serait difficile d'exécuter cette mesure par l'application répétée d'une toise sur le terrein, à cause de ses inégalités. La trigonométrie fournit des moyens plus prompts et plus susceptibles d'exactitude. C'est en combinant ces moyens avec les observations astrono-

miques, que l'on a trouvé que le degré du méridien terrestre auprès de Paris, était de 57069 toises, ce qui fait 25 lieues de 2283 toises chacune. La circonférence de la terre est donc de 9000 de ces lieues, et son diamètre de 2865. Telle est l'étendue du globe terrestre : et voilà donc ainsi un grand corps dans la nature dont la grosseur nous est exactement connue, et qui nous servira par la suite à évaluer de la même manière, celle de plusieurs autres corps qui semblaient devoir toujours échaper à nos mesures à raison de leur extrême éloignement (*s*).

Nous venons de supposer que la terre était parfaitement ronde, et on l'a crue telle pendant long-temps. Newton et Huyghens les premiers, soupçonnerent que la figure de notre globe était un peu différente de cette figure sphérique qu'on lui avoit supposée jusqu'alors. C'était une conséquence nécessaire de leurs principes sur la *pesanteur* et la *force centrifuge*. Dans un corps sphérique qui tourne sur lui-même, toutes les parties dont il est composé font effort pour s'éloigner de l'axe de rotation ; et cet effort est proportionné à la rapidité de leur mouvement. Si l'on verse quelques gouttes d'eau sur la circonférence d'une roue qui tourne avec vîtesse, l'on voit à l'instant cette eau jaillir de toutes parts, et s'écarter du centre de la révolution. Il en arriverait autant aux parties de la roue, si elles venaient à être désunies tout

à coup, elles se disperseraient de même. Les différentes parties du globe terrestre, dans lequel nous avons déjà reconnu un mouvement de rotation, sont donc animées d'une pareille force centrifuge, qui est nulle aux poles, et la plus grande possible à l'équateur, où ce mouvement de rotation a le plus de rapidité. La vîtesse d'un point de la circonférence de ce cercle, est de plus de six lieues par minute, tandis qu'à la latitude où est Lyon, cette vîtesse n'est plus que de 4 lieues et un tiers dans le même temps.

Mais si les particules matérielles dont la terre est composée, sont sollicitées par cette force centrifuge à s'écarter de l'axe de rotation; d'un autre côté elles sont soumises à l'action d'une autre force bien plus puissante, qui les pousse vers le centre du globe, qui les applique les unes contre les autres, et qui est la cause primitive de leur adhésion mutuelle; c'est ce que l'on appelle la *pesanteur*. Les parties du globe terrestre sont donc ainsi placées entre deux actions opposées, et inégales, dont l'une tend sans cesse à les disperser, et l'autre travaille continuellement à les retenir. Nulle part l'opposition de ces deux forces n'est plus sensible qu'à l'équateur : la pesanteur aura donc moins d'efficacité dans cette partie du globe, que par-tout ailleurs. On trouve par le calcul, qu'elle y est diminuée d'un 288e; c'est-à-dire, que la force centrifuge résultante de

la rotation journalière, fait perdre à la pesanteur dans les régions équatoriales la 288e partie de son action. L'on voit par là ce qu'il faut penser d'une objection que l'on a faite contre le mouvement diurne de la terre.

Si la terre, a-t-on dit, tourne sur elle même en 24 heures, la rapidité de ce mouvement doit chasser au travers de l'air le sable, et tous les corps mobiles qui se trouvent à sa surface : l'air lui-même, que l'on dit tourner avec la terre, devrait se disperser aussi, et abandonner le globe terrestre. Ceux qui ont fait ce raisonnement, avaient sans doute oublié ou méconnu la force puissante, et continuellement agissante de la pesanteur. Ils ignoraient que l'action non interrompue de cette force était plus que suffisante pour retenir auprès de la terre, l'air et tous les corps mobiles, et pour annuller ainsi les effets de la force centrifuge, laquelle est, comme on vient de dire, et dans l'endroit même où elle est la plus considérable, 288 fois moindre que la pesanteur.

Mais si la force centrifuge ne peut point détacher les corps mobiles qui sont à la surface de la terre; si elle n'est point, à plus forte raison, capable d'altérer la forme de la partie solide du globe, aujourd'hui que ses élémens sont si étroitement unis, si fortement adhérents entre eux, elle a du cependant produire un effet sensible sur la hauteur des eaux. Les mers équatoriales doivent

pour l'équilibre, être plus élevées que les mers voisines des poles. Il y a plus : Si la terre dans son origine, n'avait point encore la solidité qu'elle a acquise depuis ; si ses parties étaient encore incohérentes, et dans un état de fluidité ou de mollesse au moins ; alors lorsqu'elle a commencé à tourner sur elle-même, sa surface a dû s'élever à l'équateur par l'effet d'une force centrifuge plus considérable, tandis qu'elle s'abaissait vers les poles, où cette force est beaucoup moindre. Il résulterait donc de cette supposition que notre globe a pris dès les premiers temps, une forme elliptique, ou ovale, dont le grand axe est dans le plan de l'équateur, et le petit axe dans le sens de la révolution diurne. Telles sont les conséquences que Newton et Huyghens tirerent de leurs principes ; et ils allerent même jusqu'à calculer la quantité dont l'axe de la terre différait du diamètre de l'équateur, en la supposant homogene, ou toute composée d'une même matière. Les conjectures de ces deux grands hommes ont été confirmées par les découvertes modernes, et leurs calculs ont été justifiés par des mesures directes.

Cette idée que la terre au moment où elle a commencé à tourner sur elle même, avait encore assez de mollesse, pour que ses parties pussent s'arranger convenablement entre elles, et conformément aux loix des forces centrales, trouverait peut-être peu d'esprits disposés à l'admettre, et les

conséquences que Newton et Huyghens en ont tirées d'après leurs théories, seraient peut-être encore problématiques, si l'applatissement de la terre aux pôles, et son renflement à l'équateur n'avaient été prouvés par des moyens que nous allons faire connaître. On avait remarqué vers la fin du dernier siècle, qu'il fallait accourcir sous l'équateur le pendule réglé pour battre les secondes à Paris : donc à l'équateur on est plus éloigné du centre de le terre ; et voici comment cette conséquence est déduite de l'observation qu'on vient de rapporter.

Un pendule est un corps pesant, comme serait une balle de plomb, attaché à l'extrêmité d'un fil, ou d'une verge de métal, qui peut se mouvoir autour d'un point fixe. Lorsque le pendule est en repos, il se tient exactement au dessous du point de suspension dans une ligne perpendiculaire à la surface de la terre ; mais si on l'éleve à droite ou à gauche, et qu'on l'abandonne ensuite à lui-même, il retombe aussi-tôt par l'effet de la pesanteur, et ne s'arrête qu'après avoir fait un certain nombre d'oscillations. La durée de chacune de ces oscillations dépend de la longueur du pendule : plus il est court, et plus ses oscillations sont promptes ; elles deviennent plus lentes, à mesure qu'il acquiert plus de longueur. Dans le premier cas, il tombe plus vîte ; il tombe plus lentement dans le dernier. Mais si la longueur du

pendule demeurant la même, ses oscillations ne sont pas de la même durée dans différens pays, il faudra en conclure que la pesanteur n'agit pas par-tout de la même manière : elle sera plus faible dans les lieux où les oscillations du pendule seront plus lentes ; elle aura plus d'énergie, dans ceux où ce même pendule fera des vibrations plus promptes. Or un pendule à secondes, dont la longueur a été réglée à Paris, transporté sous l'équateur, y marche plus lentement que dans cette ville : donc à l'équateur les corps tombent moins vîte qu'à Paris.

L'on appelle pendule à secondes, celui dont les oscillations se font dans une seconde de temps. Ce pendule doit avoir à Paris 36 pouces 8 lignes deux tiers à très-peu près : sous l'équateur, la longueur du même pendule est de 36 pou. 6 l. sept dixièmes. Il y a donc ainsi près de deux lignes de différence entre les longueurs du pendule à secondes dans ces deux endroits ; c'est-à-dire, que pour faire tomber ce pendule à l'équateur, avec la même vîtesse qu'à Paris, il faut l'accourcir de près de deux lignes. Voyons d'où peut venir cette différence.

La force centrifuge résultante du mouvement journalier de rotation, est plus grande à l'équateur qu'à Paris : elle y est d'ailleurs plus directement opposée à la pesanteur : elle y doit donc affaiblir l'action de celle-ci, plus que par-tout ailleurs ; et les corps doivent tomber à l'équateur

avec moins de vîtesse que dans les autres parties de la terre. L'influence de cette cause étant cherchée par le calcul, on trouve qu'elle doit produire dans la longueur du pendule, un accourcissement d'une ligne et demie. Reste donc encore une demie ligne de différence, qui ne peut être attribuée à la force centrifuge, et dont il faut chercher la cause ailleurs.

C'est vers le centre de la terre que la pesanteur pousse tous les corps terrestres : c'est du centre même du globe que cette force paraît émaner. Elle doit donc s'affaiblir, à mesure que la distance à ce point central augmente ; et réciproquement à mesure que la pesanteur diminue, on est plus loin du foyer où cette force réside. La pesanteur étant donc réellement moindre à l'équateur, l'on peut donc conclure, que les corps qui y sont placés, sont plus éloignés du centre du globe, qu'ils ne le seraient à la latitude de Paris. La ligne tirée de Paris au centre de la terre, est donc plus courte que le rayon de l'équateur : la terre est donc élevée dans ce dernier endroit, comme l'avaient avancé Newton et Huyghens.

Outre cette premiere preuve de l'élévation de la terre à l'équateur, en voici une autre plus directe, et par conséquent plus convaincante encore. Des académiciens français furent envoyés dans le dernier siecle, par le Gouvernement,

les uns à l'équateur, et les autres vers le nord; pour mesurer dans ces deux endroits un degré du méridien terrestre. On espérait, s'il y avait dans les mesures une différence assez grande, pouvoir en conclure quelque chose de positif sur la véritable figure de la terre. Deux degrés du méridien furent mesurés, l'un à l'équateur même, dans la vaste plaine de Quito au Pérou, et l'autre dans la Laponie, à 66 degrés de latitude. Les mesures ayant été comparées ensemble, celui-ci se touva de 672 toises plus long que le premier : différence trop grande pour pouvoir être attribuée aux petites erreurs inévitables dans ces sortes d'opérations. Le degré du méridien mesuré à l'équateur fut trouvé de 56750 toises, et celui mesuré à Tornéo en Laponie, de 57422. Les degrés du méridien terrestre sont donc plus longs vers les poles qu'à l'équateur. La courbure de la terre est donc moindre là et plus grande ici. Notre globe est donc élevé à l'équateur, et applati aux poles. Mais il faut donner à cette preuve un peu plus de développement.

Supposons d'abord que la terre est parfaitement sphérique; dans ce cas la courbure de sa surface sera par-tout la même : toutes les perpendiculaires à cette surface iront se réunir au centre. Un méridien terrestre exactement circulaire répondra au méridien céleste qui est un cercle. Les degrés du premier seront tous entre eux de la plus par-

faite égalité ; et si l'on marche sur la terre dans le sens de ce méridien, on aura toujours parcouru le même espace, fait le même nombre de lieues, toutes les fois que le zénith se sera déplacé dans le ciel du même nombre de degrés. Mais si la terre n'est plus un globe parfait ; si elle s'applatit dans un endroit, et s'élève dans un autre : alors les différentes parties de sa surface auront des courbures différentes ; toutes les lignes verticales, qui dans le premier cas se dirigeaient au centre du globe, et s'y réunissaient, s'en écarteront toutes plus ou moins, comme il est aisé de le voir par la figure 16e : alors enfin il faudra faire plus ou moins de chemin sur la surface de cette terre, pour changer d'une même quantité par rapport aux étoiles. On connaît quel nombre de degrés on a parcouru sur la terre, par celui des degrés dont le zénith s'est déplacé dans le ciel. Si la surface de la terre était plane, l'étoile qui est ici au dessus de notre tête, se trouverait encore au dessus de nous quand nous aurions avancé de cent, de mille lieues. Car dans ce cas toutes les lignes perpendiculaires à la surface de la terre seraient toutes parallèles entr'elles, et prolongées jusques dans les profondeurs du ciel, elles iraient toutes aboutir au même point, à la distance immense où les étoiles sont placées ; de façon qu'en changeant de place sur la terre, notre position par rapport aux étoi-

les demeurerait la même : tout comme un voyageur qui voit à droite ou à gauche de sa route, une montagne dans le lointain, paraît n'avoir pas changé de place par rapport à cet objet éloigné, même après plusieurs heures de marche. Mais si la surface de la terre est convexe, alors toutes ces perpendiculaires sont inclinées entre elles, et prolongées vers le ciel, elles vont en s'écartant de plus en plus, et répondent à des points d'autant plus éloignés entre eux, que le centre où elles concourent est plus près de la surface de la terre : la figure 16e rend ceci fort sensible.

Maintenant donc si l'on trouve que dans une certaine partie du globe, il faut pour que deux lignes verticales embrassent dans le ciel un espace d'un degré, qu'elles soient écartées à la surface de la terre de 57422 toises ; et que dans un autre endroit, il suffise pour cela qu'elles le soient de 56750 toises ; ne doit-on pas en conclure que le point où concourent les deux premières est plus éloigné, et que la courbure du globe est moindre dans cet endroit. Or ce sont là, comme on l'a dit, les différentes valeurs d'un degré du méridien prises à l'équateur, et dans la Laponie. On peut donc assurer que la terre a plus de courbure à l'équateur, ou que cette partie de sa surface appartient à une circonférence plus petite ; et qu'elle a au contraire une moindre courbure aux poles, ou que sa surface

dans cet endroit fait partie d'une circonférence plus grande. Il est donc encore prouvé incontestablement, d'après les mesures exécutées par les académiciens français, que le globe terrestre a une forme elliptique, semblable à celle que l'on voit dans la figure 16e. *P P* est l'axe de la terre, et la ligne *E Q* le diamètre de son équateur. Les angles *AGB*, *DRF* étant supposés égaux, il est facile de voir que la partie *A B* comprise entre les côtés du premier, est moindre que l'arc *DE* intercepté entre les côtés de l'autre. Newton avait calculé que la différence entre l'axe et le diamètre de l'équateur, en supposant la terre homogène, et fluide dans son origine, était de un 230e. Les mesures rapportées ci-dessus donnent cette différence un peu plus grandes; mais d'autres mesures prises en des lieux différents, persuadent qu'elle est à peu près telle que Newton l'avait déterminée. Ainsi le diamètre de l'équateur a sur 230 lieues environ, une lieue de plus que l'axe de la révolution journaliere; ce qui fait onze lieues à peu près pour la différence totale. (*t*) Au reste l'applatissement du globe terrestre n'est point un phénomène unique dans notre monde : il sera question plus bas d'un globe bien plus gros que la terre, et qui a une forme bien plus applatie encore; puisque la différence de ses deux diamètres est d'un quatorzième. ~~ou même d'un sixième.~~

CHAPITRE VI.

Des apparences célestes, relativement aux différentes parties de la terre.

LA sphère céleste paraissant tourner sur elle-même en 24 heures, tous les points de cette sphere decrivent des cercles qui sont parallèles entre eux. Le plus grand de ces eercles est celui que nous avons appellé l'équateur. Tous les autres portent le nom de *paralleles à l'equateur*, ou simplement de *paralleles*. Le soleil paraît décrire chaque jour un parallèle à l'équateur.

Parmi ces cercles, quatre méritent une mention particulière. Les deux premiers sont placés à 23° 28 à droite et à gauche de l'équateur. Ils servent de limites à l'écliptique, qui s'écarte de l'équateur justement de cette quantité. Ce sont des bornes que le soleil ne passe jamais; et comme aussi-tôt qu'il y est parvenu, il commence à se rapprocher de l'équateur, et semble rétrograder, ces petits cercles ont reçu le nom de *Tropiques*, d'un mot grec, qui veut dire, retourner. L'un de ces tropiques touche l'écliptique au premier degré du Cancer, et s'appelle pour cette raison, *tropique du Cancer*. C'est celui qui est en-deçà de l'équateur par rapport à nous, et que le soleil paraît décrire, le jour du solstice d'été. L'autre rencontre l'é-

écliptique au premier degré du *Capricorne*, dont il a pris le nom. Il est pour nous au-delà de l'équateur, et le soleil y arrive le jour du solstice d'hiver.

Les deux autres petits cercles que nous voulons faire connaître ici, sont placés l'un et l'autre à 23° 28m des poles de l'équateur : on peut les considérer comme décrits par les poles de l'écliptique dans le mouvement journalier de rotation. Quand deux grands cercles se coupent, leurs poles sont éloignés l'un de l'autre d'une quantité exactement égale à l'angle qu'ils forment entre eux. Les poles de l'écliptique sont donc à 23° 28m de ceux de l'équateur ; et ces poles, paraissent par l'effet du mouvement diurne, décrire les deux petits cercles parallèles à l'équateur, dont il est ici question. Ces cercles ont été appelés *cercles polaires* : celui qui est du côté du nord, s'appelle cercle polaire *arctique*, de *arctos*, ourse, la constellation de ce nom étant près du pole boréal ; et celui qui est du côté du sud, a pris le nom de cercle polaire *antarctique*, ou opposé à l'ourse.

Les quatre cercles dont on vient de parler, tracés sur la surface du globe terrestre, le partagent en cinq parties ou *zones*. L'espace compris entre les deux tropiques, a pris le nom de *zone torride*, parce qu'il reçoit plus directement l'action des rayons solaires. Les anciens croyaient cette

partie de la terre inhabitée et inhabitable, à cause de l'excès de la chaleur. Les chaleurs y ont en effet plus de durée et d'intensité que partout ailleurs : mais cela n'empêche nullement que l'espèce humaine n'y puisse très-bien subsister, et que cette vaste portion de la terre ne soit même fort peuplée. Les espaces qui s'étendent de part et d'autres de l'équateur, depuis les tropiques jusque aux cercles polaires, ont été appelés *zones tempérées*, à cause que la température de l'air y est généralement plus douce que dans les autres parties de la terre. Ces deux zones commençant à 23 degrés et demi de latitude, et se terminant à 66 et demi, ont donc chacune une étendue de 43 degrés. C'étaient, suivant les anciens, les seules portions de la surface de la terre, où l'homme pût vivre. Au delà des cercles polaires, il reste deux segments, ou deux calottes sphériques, auxquelles on a donné le nom de *zones glaciales*, parce qu'elles sont en effet couvertes par les neiges et les glaces pendant une très-grande partie de l'année. Il y a pourtant encore quelques peuplades éparses sur ces portions disgraciées du globe terrestre. Quant à l'étendue de ces cinq zones, il est aisé de voir que la zone torride est beaucoup plus grande que les deux zones glaciales réunies ; et qu'elle l'est beaucoup moins que les deux zones tempérées. On trouve par le calcul, que la surface de

de la zone torride n'est que les trois quarts de la surface des deux zones tempérées, prises ensemble; et que les zones glaciales n'en sont que le tiers. Dans les figures 17, 18 et 19, on voit l'équateur, les deux tropiques, et les deux cercles polaires, et par conséquent les cinq zones que ces cercles forment sur la terre.

Ce que nous avons dit précédemment des mouvemens célestes, a lieu pour tous les peuples répandus sur la surface du globe: mais leur position dans telle ou telle zone, donne lieu à quelques apparences particulieres, qu'il nous faut examiner à présent. Supposons-nous d'abord placés sur l'équateur terrestre: à cause de la correspondance des cercles du ciel avec ceux de la terre, l'équateur céleste passera au dessus de notre tête: il sera donc perpendiculaire à l'horison; et ses poles qui répondent à ceux de la terre, seront tous les deux dans le plan de ce dernier cercle. Tous les parallèles à l'équateur feront aussi tous des angles droits avec l'horison; et comme ils ont leurs centres dans l'axe de la terre, et que cet axe est alors couché tout entier dans le plan de l'horison, ils seront tous coupés par ce cercle en deux parties égales. Cette position de la sphère s'appelle *sphère droite*, et donne lieu aux particularités suivantes.

1°. On y voit toutes les parties du ciel dans l'espace de 24 heures: le mouvement diurne les

fait toutes passer dans ce temps-là sous les yeux du spectateur, sans qu'aucune puisse demeurer cachée. 2° Toutes les étoiles s'y levent perpendiculairement à l'horison, et se couchent aussi dans une direction perpendiculaire à ce cercle, parce qu'elles paraissent toutes décrire en 24 heures quelque cercle paralièle à l'équateur. 3° Tous les astres y sont pendant 12 heures au dessus de l'horison, et pendant 12 heures au dessous. Les jours durant toute l'année sont aussi constamment égaux aux nuits : car tous les cercles que le ~~ciel~~ semble parcourir journellement, sont tous, comme on vient de le dire, coupés en deux parties égales par l'horison. 4° Le soleil y passe deux fois dans l'année par le zénith : ce sont les jours où il paraît décrire l'équateur, où il est arrivé aux points de son orbite qui rencontrent ce cercle. Ces jours-là, l'ombre des corps posés verticalement est nulle à midi ; parce que le soleil étant au zénith à cette heure, leur ombre doit alors tomber sur leur base. Dans tout autre temps de l'année, l'ombre tombe à l'heure de midi, tantôt vers le sud, et tantôt vers le nord, selon que le soleil se trouve dans l'hémisphère boréal, ou dans l'hémisphère austral. Mais ces dernières apparences ont lieu aussi, lorsqu'on quitte l'équateur, pourvu qu'on ne s'en éloigne pas au-delà des tropiques. Ainsi dans toute la zone torride, on voit le soleil directement au

dessus de soi, deux fois dans l'année, et l'ombre change aussi de direction à midi, suivant la position de cet astre dans le ciel. Aux tropiques même, le soleil n'arrive au zénith qu'une seule fois dans l'année; mais il y séjourne plus long-temps.

La figure 17e représente la sphère droite : *H O* est l'horison; *E Q* est l'équateur; *H E O Q* est un méridien; *Z* est le zénith, qui se trouve, comme on voit, dans l'équateur : *P* et *p* sont les poles de la sphère, qui sont ici dans le plan de l'horison, de même que l'axe *P p*; *T R*, *t r* sont les tropiques; *C L*, *c l*, les cercles polaires, qui sont, comme l'équateur, perpendiculaires à l'horison. Il est évident que ce dernier cercle les coupe, ainsi que tous les autres parallèles, en deux parties égales. *T r* est l'écliptique, ou la route du soleil.

Dès qu'on a quitté l'équateur pour s'avancer dans l'un ou l'autre hémisphère, aussi-tôt un des poles paraît s'élever sur l'horison; parce que l'horison, qui change toujours quand nous changeons de place, s'abaisse au dessous de lui; et ce pole s'élève ainsi de plus en plus, à mesure que la latitude augmente; de façon que si l'on parvenait jusqu'à une latitude de 90 degrés, ce qui est le plus, alors on se trouverait directement sur un des deux poles de la terre. Le pole céleste correspondant serait au zénith, et l'on aurait l'autre

pole au dessous de l'horison, au point diamétralement opposé. On verrait l'équateur confondu avec l'horison, et tous les cercles qui lui sont parallèles, seraient aussi parallèles à ce dernier cercle. Voici quels sont les phénomènes auxquels donnerait lieu cette position, que l'on appelle *sphère parallèle*, et qui est représentée par la figure 18ᵉ.

Si nous étions ainsi placés sur un des poles de la terre, nous ne verrions plus qu'une moitié du ciel, dont l'autre moitié nous demeurerait toujours cachée. Nous ne pourrions donc connaître qu'une partie des étoiles, les autres restant toujours pour nous au dessous de l'horison : mais les étoiles qui seraient visibles ne se coucheraient jamais, et demeureraient constamment dans l'hémisphère supérieure. Nous les verrions tourner continuellement autour de nous dans des cercles parallèles à l'horison, sans s'en approcher, ni s'en éloigner jamais. Quant au soleil, il serait invisible pour nous pendant six mois de l'année, et pendant les six autres mois, il demeurerait constamment au dessus de l'horison, sans se coucher de tout ce temps-là. En effet l'écliptique étant incliné à l'équateur, et coupé en deux parties égales par ce cercle, qui est ici le même que l'horison, on voit qu'il y en aura une moitié dans l'hémisphère supérieur, et une moitié dans l'hémisphère inférieur ; et que le mouvement journalier de rotation qui se fait sur l'axe *P p*, ne

pourra jamais faire passer aucune portion de ce cercle d'un hémisphère dans l'autre. Le soleil ne sera donc visible que pendant six mois ; et pendant ce temps-là, on le verra d'abord s'élever lentement, en tournant autour des objets, et décrivant une spirale, dont les révolutions seront toujours plus rapprochées. Parvenu au bout de trois mois à 23 degrés et demi de hauteur, il commencera à descendre et à s'abaisser vers l'horison, en parcourant une semblable courbe. Arrivé à ce cercle à la fin du sixième mois, il disparaîtra, pour faire dans la partie invisible du ciel, les mêmes révolutions qu'il a faites dans la partie visible, et ne se montrera de nouveau qu'après six mois entiers. Ainsi pour les poles, l'année n'est composée que d'un jour et d'une nuit, qui sont l'un et l'autre de six mois. Dans la sphère droite, les jours étant durant toute l'année égaux aux nuits, il y a bien aussi six mois de jour, et six mois de nuit : mais la nuit et le jour se remplacent constamment à des intervalles fort courts, et se succèdent régulièrement au bout de douze heures. La figure 18e représente la sphère parallèle : les différents cercles y sont désignés par les mêmes lettres que dans la figure précédente.

Entre les deux positions de la sphère que l'on vient de considérer, et qui ont l'équateur, l'une perpendiculaire, et l'autre parallèle à l'horison, il y a une infinité d'autres positions dans lesquelles

l'équateur est plus ou moins incliné à ce cercle, et où tous les parallèles à l'équateur sont aussi posés obliquement par rapport à l'horison dans tous ces cas la sphère est dite *oblique* pour cette raison : le degré d'obliquité dépend de la distance à l'équateur. Les deux poles n'étant, pour ainsi dire, que deux points de la surface de la terre, et l'équateur qu'une ceinture fort étroite qui la divise par le milieu, il suit que presque tous les peuples de la terre ont la sphère oblique : mais les uns voient le pole boréal sur leur horison, et les autres le pole austral. La figure 19[e] représente cette position de la sphère à une latitude de 40 degrés environ.

Dans la sphère oblique, l'axe du monde étant en partie au dessus, et en partie au dessous de l'horison, et tous les parallèles à l'équateur ayant leurs centres le long de cet axe, il suit que les uns auront leur centre dans l'hémisphère supérieur, et les autres dans l'hémisphère inférieur : les plus voisins de l'équateur seront partagés par l'horison en deux parties inégales ; les plus éloignés seront ou tout entiers au dessus, ou tout entiers au dessous du cercle : l'équateur seul, ayant son centre confondu avec celui de l'horison, sera partagé en deux moitiés égales. La partie du ciel qui demeure constamment au dessus ou au dessous de l'horison, pour chaque degré d'obliquité de la sphère, dépend de la latitude, ou ce qui est la même chose, de l'élé-

vation du pole. A Lyon, par exemple, où l'élévation du pole est de près de 46 degrés, toutes les étoiles qui ne sont pas à plus de 46 degrés du pole boréal, demeurent constamment sur l'horison, sans jamais se coucher, et achèvent leur révolution journalière dans l'hémisphère visible : mais réciproquement toutes celles qui ne sont pas à plus de 46 degrés du pole austral, ne se lèvent jamais pour cette ville, et restent toujours dans l'hémisphère invisible. Une étoile placée justement à 46 degrés du pole, ne ferait que raser l'horison, soit dans le point le plus bas de sa révolution, si elle était du côté du pole boréal, soit dans le point le plus élevé, si elle se trouvait du côté du pole austral. Les étoiles, dont la distance au pole est un peu plus grande, ne se couchent ou ne se lèvent que pour un temps fort court, et les lieux de leur lever et de leur coucher sont fort rapprochés entre eux, soit vers le nord, ou vers le sud. Pour ce qui est des autres étoiles, elles sont toutes sur l'horison pendant un temps plus ou moins long, selon qu'elles sont placées dans l'un ou l'autre hémisphère, et plus ou moins près de l'équateur. Il n'y a que celles qui sont dans ce cercle même, qui demeurent exactement douze heures au dessus, et douze heures au dessous de l'horison.

Pour ce qui est des apparences que présente

le soleil dans la sphère oblique, il sera facile de les déduire de ce que nous venons d'observer. Il est clair d'abord qu'il ne peut arriver que deux fois dans l'année, que le jour y soit égal à la nuit : ceci a lieu quand le soleil est dans l'équateur, c'est-à-dire, le 1er germinal, (19 mars,) et le 1er vendémiaire, (22 septembre.) Ce sont là les équinoxes du printemps et de l'automne. Dans tout autre temps, le jour et la nuit sont de différente longueur ; et cette inégalité est d'autant plus grande, que le soleil est plus éloigné de l'équateur : c'est donc aux solstices qu'ils diffèrent le plus l'un de l'autre. Pour nous, le plus long jour, qui est de 15 heures et demie à peu près, arrive lorsque le soleil est au tropique du cancer, ou le 2 messidor, (21 juin); et la plus longue nuit, qui est de la même durée, lorsqu'il est au tropique du capricorne, ou le 2 nivose (21 décembre.) La durée de ce plus long jour et de cette plus longue nuit augmente pour les différents pays, suivant leur latitude : car plus la latitude est grande, plus l'équateur et ses parallèles sont inclinés à l'horison, et plus aussi il y a de différence entre les deux portions de ces parallèles qui sont, l'une au dessus et l'autre au dessous de l'horison : on les a appelées pour cette raison, l'une, l'*arc diurne*, et l'autre, l'*arc nocturne*. Ces portions déterminent la durée du jour et celle de la nuit. Aux

cercles polaires, l'un des tropiques est tout entier au dessus de l'horison, et l'autre est tout entier au dessous. Il y a donc pour ces parties de la terre, un jour de 24 heures et une nuit de la même longueur. L'on y voit le jour du solstice d'été, le soleil toucher à minuit le bord de l'horison sans se coucher; et le jour de solstice d'hiver, il ne fait qu'effleurer ce cercle à midi, sans se lever.

Les géographes divisent l'espace compris entre l'équateur et les cercles polaires en 12 *climats d'heure*, ou 24 *climats de demi-heure*. Ils appellent climat d'heure, l'intervalle qui est entre un parallèle, où le plus long jour est d'un certain nombre d'heures, et celui où le plus long jour a une heure de plus ou de moins. On voit par là aussi ce que c'est qu'un climat de demi-heure. Au-delà des cercles polaires, le plus long jour peut être de plusieurs semaines, ou même de plusieurs mois. On divise de même tout l'espace qui s'étend de ces cercles jusqu'aux poles en six climats de mois. Tous les climats d'heure, et tous les climats de mois ne sont pas de la même grandeur: les premiers vont en se rétrécissant de l'équateur aux cercles polaires; les autres vont au contraire en s'aggrandissant des cercles polaires aux poles. La cause de ces différences vient de ce que les climats d'heure dépendent de la portion du tropique qui

se trouve au dessus de l'horison, et les climats de mois, de la portion de l'écliptique qui ne se couche jamais. Le tropique qui, sous l'équateur, est perpendiculaire à l'horison, s'incline de plus en plus à ce cercle, à mesure qu'on avance vers l'un ou l'autre pole, et son centre s'élève toujours davantage au dessus du plan horisontal, à chaque nouveau degré d'inclinaison : il paraît donc sur l'horison des portions du tropique de plus en plus grandes; et comme son obliquité augmente sans cesse, qu'il approche de plus en plus du parallélisme avec l'horison, il est facile de voir, que pour qu'il en paraisse toujours des portions égales sur ce cercle, il faudra toujours l'incliner de moins en moins ; et que l'étendue des climats d'heure sera par conséquent toujours plus petite. S'il faut vers l'équateur un changement de latitude de 10 degrés, par exemple, pour faire passer au dessus de l'horison une certaine portion du tropique, et faire croître d'une heure le plus long jour de l'année ; il ne faudra plus à 50 degrés de latitude qu'un changement de cinq ou six degrés, pour produire la même différence dans le plus long jour, et faire passer une égale portion du tropique. C'est le contraire pour les climats de mois. Aux cercles polaires, il y a un point de l'écliptique qui ne se couche jamais : dans cet endroit l'écliptique est presque parallèle à l'ho-

rison ; par conséquent il n'est pas nécessaire de l'élever beaucoup , pour qu'il en paraisse tout de suite une portion considérable, qui demeurera constamment au dessus de ce cercle , sans jamais passer au dessous. Mais à mesure que l'écliptique s'élève davantage , ses différentes parties font avec l'horison des angles toujours plus ouverts : il faudra donc l'élever de plus en plus , ou s'approcher toujours davantage des poles , pour que le plus long jour augmente d'une même quantité. Ceci deviendra extrêmement sensible si l'on a un globe entre les mains.

Revenons aux apparences de la sphère oblique. Dans cette position de la sphère , tous les astres comme on l'a observé , se lèvent obliquement. Il leur faut donc pour paraître entièrement sur l'horison plus de temps que dans la sphère droite, où ils se lèvent perpendiculairement. Cette observation ne peut s'appliquer aux étoiles , qui , comme on sait , n'ont aucun diamètre sensible ; mais le diamêtre du soleil est d'environ un demi-degré. Dans la sphère droite , il ne faut guère plus de deux minutes, pour que cet astre paraisse tout entier sur l'horison. A Paris , il lui faut pour cela de 4 à 5 minutes : et plus la sphère a d'obliquité , plus aussi il s'écoule de temps depuis l'apparition du premier bord de son disque , jusqu'à ce qu'il soit vu entiérement sur l'horison. On sent même qu'il doit arriver

pour quelque climat, que le soleil emploie plusieurs heures à se lever totalement.

Les différents points de l'horison, où cet astre se lève pendant l'année, doivent aussi occuper une étendue plus ou moins considérable suivant la latitude. Sous l'équateur, ils n'embrassent qu'un arc de 47 degrés environ : c'est la plus courte distance d'un tropique à l'autre. Par-tout ailleurs la partie de l'horison comprise entre les deux tropiques est de plus de 47 degrés, et elle augmente à mesure que l'équateur s'incline davantage à ce cercle. A Lyon, le soleil parcourt en allant d'un solstice à l'autre solstice, un arc de l'horison de 69 degrés et deux tiers. A une latitude plus grande, le soleil se leverait tout auprès du nord, au solstice d'été; et au solstice d'hiver, tout aussi près du sud. Mais il faut remarquer, que quoiqu'il ait commencé à paraître fort haut dans la partie septentrionale, il n'en sera pas moins à midi du côté opposé, c'est-à-dire, du côté du sud. Il aura ainsi décrit une portion de cercle d'autant plus inclinée à l'horison, que la latitude est plus considérable.

Tous les peuples qui sont au-delà des tropiques, par rapport à l'équateur, ont durant toute l'année le soleil du même côté à midi, et plus près de leur zénith, à proportion que la latitude est moindre. Si l'on veut savoir de quelle quantité le soleil peut s'approcher ou s'éloigner

du zénith d'une ville quelconque, il suffit de retrancher de la latitude 23° et 28m, ou d'y ajouter cette quantité. On aura dans le premier cas la moindre distance du soleil au zénith, et la plus grande dans le dernier. Cette moindre distance est pour Lyon de 22° 18m, et la plus grande de 69° et un quart.

On a dit que dans la sphère droite, et dans la sphère parallèle, il y avait autant de jour que de nuit : c'est encore la même chose dans la sphère oblique. Car si pendant la moitié de l'année, le soleil est plus long-temps au dessus de l'horison qu'au dessous, dans l'autre moitié c'est tout le contraire ; et il y a en cela une exacte compensation. Il est facile d'en voir la raison. L'équateur étant placé justement au milieu de la route que suit le soleil pour aller d'un tropique à l'autre, et ce cercle étant le seul que l'horison coupe en deux parties égales, tous les parallèles qui sont d'un côté de l'équateur, auront leur arc diurne plus grand que l'arc nocturne ; tandis que ceux qui sont de l'autre côté, auront ce dernier arc plus grand que le premier, et suivant les mêmes lois et les mêmes proportions. L'on peut donc dire que par toute la terre il y a autant de jour que de nuit. Remarquez que par jour, il ne faut entendre ici que le temps de la présence du soleil sur l'horison, et faire même abstraction de l'effet de la *réfraction*, la-

quelle rend les astres visibles, quoiqu'ils soient encore au dessous de l'horison. Cette cause, dont il sera question dans un des chapitres suivants, augmente la durée du jour pour tous les peuples à proportion de leur latitude. A l'équateur, l'effet de la réfraction sur la durée du jour, ne va guère qu'à 4 ou 5 minutes. Pour nous, il est déjà d'un bon demi-quart d'heure : aux poles, il est de 67 heures. Pour comprendre la raison de cette différence, supposons que le soleil commence à paraître par l'effet de la réfraction, lorsqu'il est encore à un demi-degré au dessous de l'horison : il ne lui faudra sous l'équateur que deux minutes de temps pour monter de cette quantité, parce qu'il s'y lève perpendiculairement à l'horison. A la latitude où nous sommes, il lui faudra quatre minutes environ, pour s'élever d'autant, à cause de l'obliquité de sa marche : et aux poles, il lui faudra bien plus de temps encore, puisqu'il se lève dans une direction bien plus inclinée à l'horison. Si l'on tenait donc compte de la réfraction, on trouverait qu'il y a pour tous les pays de la terre plus de jour que de nuit.

Mais l'avantage des jours sur les nuits deviendra encore plus considérable, si l'on a égard aux *crépuscules* du matin et du soir. L'on appelle ainsi cette lumière douce qui précède le lever du soleil, et qui suit son coucher. Le matin,

long-temps avant que le soleil paraisse, l'on apperçoit du côté de l'orient un petit trait de lumière, qui s'étend de plus en plus, et finit bientôt par remplir tout le ciel. Le jour augmente, les étoiles s'évanouissent, les bords du ciel paraissent en feu, un point radieux étincèle tout-à-coup : c'est le père du jour qui se montre au bord de l'horison. Le soir, après que le soleil est tout entier descendu au dessous de ce cercle, et qu'il nous a lancé son dernier rayon, il nous reste encore une lumière, d'abord assez abondante, mais qui s'affaiblit de plus en plus. On la voit se retirer peu à peu du côté du couchant, céder la place aux flambeaux de la nuit, et disparaître enfin en laissant le ciel d'une teinte par-tout également obscure. Le crépuscule du matin s'appelle l'*aurore* ; celui du soir garde le nom de crépuscule. La lumière du crépuscule est produite par les rayons du soleil, qui avant de pouvoir le matin arriver directement à nos yeux, rencontrent les parties supérieures de notre atmosphère, d'où ils sont réfléchis et dispersés de différentes manières vers la terre. Le soir, lorsque le soleil est descendu sous l'horison, que ses rayons passent au dessus de nos têtes, de semblables réflexions ont également lieu dans notre air, et prolongent ainsi la durée du jour. Le commencement du crépuscule du matin, et la fin de celui du soir, dépendent donc de la

hauteur de l'atmosphère terrestre et de la quantité dont le soleil est abaissé au dessous de l'horison. On a trouvé que l'aurore commençait le matin, lorsque cet astre n'en était plus éloigné que de 18 degrés environ, et que le crépuscule finissait le soir, lorsqu'il était descendu de 18 degrés au dessous. Pour que le soleil s'approche ou s'éloigne de l'horison de cette quantité, il lui faut plus ou moins de temps, selon l'obliquité de la sphère, et selon les points de l'écliptique où il se trouve. C'est à l'équateur que les crépuscules sont le plus courts; les jours des équinoxes, ils ne sont que d'une heure et douze minutes : c'est le temps qu'il faut alors au soleil dans la sphère droite pour monter ou descendre de 18 degrés. Dans les autres temps de l'année, les crépuscules y sont un peu plus longs, parce que les 18 degrés dont il est ici question, se comptent sur un vertical, c'est-à-dire, sur un cercle perpendiculaire à l'horison, et passant par le zénith : or 18 degrés d'un vertical répondent toujours à plus de 18 degrés du parallèle que le soleil décrit; et par conséquent les crépuscules doivent durer, hors des équinoxes, un peu plus d'une heure et 12 minutes. Les crépuscules ne sont nulle part sur la terre d'une égale durée pendant toute l'année. A Paris, le 24 vendémiaire (14 octobre), et le 12 ventose (2 mars), le crépuscule est d'une heure

47 minutes : c'est le plus court de l'année pour cette ville. Mais dans la derniere décade de prairial, et la première de messidor, (autrefois le mois de juin), il n'y a point de nuit close à Paris, les crépuscules du matin et du soir se réunissant vers le nord à minuit. Le soleil ne descend donc pas alors de 18 degrés au dessous de l'horison de Paris. Sous les poles, il doit y avoir sept semaines de crépuscule avant l'apparition du soleil, et sept autres semaines après sa disparution totale ; ce qui réduit les six mois de nuit, à un peu plus de deux mois et demi.

C'est la position du soleil par rapport à un pays, qui lui donne les différentes saisons. Nous avons l'été quand le soleil nous frappe plus directement de ses rayons, et qu'il demeure plus long-temps sur notre horison ; et l'hiver, quand il y sejourne moins de temps, et qu'il nous lance des rayons plus obliques. D'après cela, il est clair que toutes les parties de la terre ne peuvent pas avoir la même saison en même temps. Quand le soleil s'approche du zénith des peuples qui, comme nous, habitent au-delà du tropique du cancer, il s'éloigne nécessairement du zénith de ceux qui vivent au-delà du tropique du capricorne. Ainsi dans ces deux parties de la terre, et même dans les deux moitiés du globe, à compter de l'équateur, des saisons opposées doivent avoir lieu dans le même temps. Lors

donc que le soleil demeure 15 à 16 heures sur notre horison ; que ses rayons nous arrivent plus directement, et qu'il répand sur nos climats toutes les ardeurs de l'été ; alors les peuples qui sont à la même latitude dans l'autre hémisphère, ne voyent plus cet astre que dans une direction fort oblique : ils ont quinze à seize heures de nuit, et ressentent toutes les rigueurs de l'hiver. L'opposition est encore plus parfaite pour les peuples qui, ayant le même méridien que nous, sont placés dans sa moitié inférieure, et dans l'hémisphère austral. Ceux-ci sont en outre plongés dans les ténèbres de la nuit, quand nous jouissons de la clarté du jour : le soleil se couche pour eux, au moment même où il se lève pour nous. Des pays ainsi placés sur la surface de la terre, et pour lesquels toutes les apparences de la sphère sont diamétralement opposées, sont dits *antipodes* l'un de l'autre ; parce qu'en effet les hommes qui les habitent ont leurs pieds directement opposés les uns aux autres. On a nié long-temps l'existence des antipodes : on l'a même combattue et proscrite comme une erreur. L'illustre Galilée, pour avoir osé soutenir cette vérité, s'est vu dans ses vieux jours exposé aux plus indignes traitemens. Mais enfin les préjugés de l'ignorance se sont dissipés ; et la véritable figure de la terre ayant été reconnue, il ne peut plus y avoir le moindre doute sur l'existence des antipodes.

Tous les pays situés d'un même côté de l'équateur, à quelque distance qu'ils soient entre eux, ont tous la même saison dans le même temps. Ainsi la Chine et la France, quoique à plusieurs milliers de lieues l'une de l'autre, éprouvent en même temps les froids de l'hiver, ou les chaleurs de l'été. Il ne peut y avoir, et il n'y a en effet entre ces deux pays si éloignés, d'autre différence que celle du temps où ils ont le jour et la nuit. Ainsi il est minuit pour ceux qui sont dans l'autre moitié de notre méridien, tandis qu'il est midi pour nous, et réciproquement. A cause de la figure sphérique de la terre, le soleil ne se lève que successivement pour les différents pays situés dans le sens de son mouvement journalier : et puisqu'il avance d'orient en occident de 15 degrés dans une heure, un pays qui est de 15 degrés plus oriental qu'un autre, et à la même latitude, voit donc le soleil se lever une heure avant qu'il paraisse sur l'horison de celui-ci : mais il le voit aussi se coucher une heure plutôt. Si l'on conçoit que la circonférence de l'équateur est divisée en arcs de 15 degrés, et que l'on fasse passer des méridiens par tous les points de division, ces méridiens s'appelleront des *cercles horaires*, par la raison qu'il faut toujours au soleil une heure pour aller de l'un à l'autre.

Remarquons au sujet des peuples qui habitent

dans des hémisphères opposés, que l'été de ceux qui sont au nord de l'équateur, est de sept à huit jours plus long que celui des peuples qui sont dans l'autre hémisphère ; parce qu'ainsi qu'il a été expliqué ci-dessus, le mouvement propre du soleil se rallentit, ou paraît se rallentir dans les signes septentrionaux, tandis qu'il s'accélère dans les signes méridionaux.

CHAPITRE VII.

Quelques Problêmes d'Astronomie.

Nous allons placer ici quelques problêmes peu difficiles à résoudre, après les connaissances que l'on a acquises dans les chapitres précédents. La solution de ces problêmes peut se trouver, où à l'aide du calcul, ou par le moyen d'un globe. Les globes, comme on sait, sont environnés d'un premier cercle, dont le plan est horisontal, et qui sert par conséquent à représenter l'horison d'un pays quelconque. Ce cercle est absolument fixe, et ne peut avoir aucune espèce de mouvement. Un autre cercle coupe celui-ci perpendiculairement, en passant par les poles du globe : c'est donc un méridien, qui peut être celui de tel pays que l'on voudra. Ce méridien ne peut se mouvoir que dans le plan vertical, en tournant sur lui-même, comme une roue : il

sert à élever plus ou moins l'axe du globe sur l'horison ; et l'on juge de cette élévation par les degrés qui sont marqués sur sa circonférence. Enfin ce globe, qu'enceignent les deux cercles dont on vient de parler, est lui-même mobile sur son axe, et peut représenter par son mouvement de rotation, la révolution diurne de la terre ou du ciel. L'axe du globe porte à une de ses extrêmités une petite aiguille qui tourne en même temps que le globe, et qui parcourt les divisions d'un cadran fixé au méridien, et dont la circonférence est divisée en 24 parties égales, comme la révolution diurne est divisée en 24 heures. Sur la surface du globe, sont tracés l'équateur, l'écliptique, et les autres cercles dont on a parlé ci-dessus. On y a marqué aussi, si c'est un globe terrestre, la position des différents pays de la terre, ou celle des différentes constellations, si c'est un globe céleste. Cette description du globe était nécessaire pour comprendre comment on peut s'en servir à résoudre les problêmes suivants.

Premier Problême. *On demande à quelle heure le soleil se lève tel jour de l'année pour une telle ville dont la latitude est donnée ; par exemple, le jour du solstice d'été,* 21 *juin, pour Pétersbourg, qui est environ au* 60e *degré de latitude septentrionale.* Pour répondre à cette question, on

monte d'abord le globe pour la latitude de Pétersbourg, c'est-à-dire, de manière que l'horison fixe puisse être pris pour l'horison de cette ville : ce qui a lieu lorsque l'axe du globe est incliné, ou plutôt que le pole boréal est élevé de 60 degrés au dessus de cet horison. La position du globe est alors absolument la même que celle de la sphère pour Pétersbourg. Cela fait, on cherche dans l'écliptique qui est tracé sur le globe, le lieu du soleil pour le jour en question : c'est ici le premier degré du cancer. On amène ce point de l'écliptique sous le méridien, et l'on place l'aiguille du cadran sur douze heures. Il est en effet midi pour un pays quelconque, lorsque le soleil, ou le point du ciel dans lequel il se trouve, est au méridien de ce pays. Le méridien du globe peut représenter les différents méridiens des peuples de la terre, puisqu'en faisant tourner le globe sur lui-même, on les fait tous passer successivement sous ce méridien fixe. Les choses ayant donc été disposées de cette manière, et l'aiguille indiquant l'heure du passage du soleil par le méridien de Pétersbourg, il ne reste plus, pour la parfaite solution du problême, qu'à faire tourner le globe, jusqu'à ce que le lieu du soleil soit descendu dans le plan de l'horison du côté du levant : l'aiguille qui a tourné en même temps, indique alors à quelle heure le soleil se lève ce jour-là pour cette ville. On trou-

ve dans le cas présent, que c'est à 2 heures trois quarts du matin : en fesant mouvoir le globe dans le sens contraire, on a l'heure du coucher du soleil pour ce même jour, qui est ici 9 heures et un quart. L'on voit donc que la durée du plus long jour à Pétersbourg est de 18 heures et demie : ce plus long jour n'est guère que de 16 heures pour Paris, et de 15 et demie pour Lyon.

On pourra trouver de la même manière avec un globe céleste, l'heure du lever ou du coucher d'une étoile, pour un pays quelconque, et pour tel jour qu'on voudra. Il n'est pas nécessaire, je pense, d'avertir, qu'après avoir monté le globe pour la latitude du pays en question, ce n'est pas l'étoile, mais toujours le soleil, ou son lieu dans l'écliptique pour ce jour-là, qu'il faut amener sous le méridien, avant de placer l'aiguille sur douze heures : car c'est la marche du soleil qui sert à diviser le temps en heures, et le midi est toujours doné par le passage de cet astre au méridien. On trouvera donc ainsi que *Sirius*, ou le grand Chien, qui est la plus brillante de toutes les étoiles, se lève à Lyon le 12 nivose, anciennement le premier jour de l'an, à 7^h 25^m du soir. On aurait l'heure du passage de l'étoile au méridien, en fesant tourner le globe jusqu'à ce que Syrius se trouvât au dessous du méridien fixe. Mais on peut l'avoir avec plus de précision, en comparant l'ascension droite de l'é-

toile à celle du soleil. Je suppose que l'ascension droite de Sirius est pour un jour donné, de 200 degrés plus grande que celle du soleil à midi; c'est-à-dire, que Sirius est éloigné du soleil de 200 degrés du côté de l'orient : il lui faudra donc pour arriver au méridien, à compter du moment que le soleil l'a quitté, tout le temps nécessaire pour que 200 degrés de la sphère céleste passent par ce cercle. Or, comme on l'a vu plus haut, les 360 degrés de l'équateur traversent le méridien en 23 heures 56 minutes. Il faudra donc pour 200 degrés, 13^{h} 16^{m} 46^{s} et demie, à peu près : ce sera là le moment du passage de Sirius par le méridien pour le jour donné. Ce moment est ici exprimé astronomiquement : en langage ordinaire, c'est 1^{h} 16^{m} 46^{s} et demie du matin suivant.

SECOND PROBLÊME. *On demande quelle heure il est dans les villes les plus remarquables de la terre, quand il est midi, ou toute autre heure à Lyon.* On amène Lyon sous le méridien fixe : peu importe que le globe soit monté ou non, pour la latitude de cette ville; et l'on place l'aiguille sur douze heures. Après cela on fait tourner le globe à droite ou à gauche, et à mesure qu'il arrive sous le méridien quelqu'une de ces villes, on regarde sur le petit cercle horaire, où l'aiguille indique l'heure qu'il est dans cette ville, quand il est midi à Lyon. En effet le méri-

dien du globe représente ici le méridien qui passe par le soleil. Lorsque Lyon se trouve sous ce méridien, il est alors midi pour cette ville, et c'est pour cela que l'on place dans ce moment l'aiguille sur douze heures. Mais à mesure que Lyon s'éloigne de ce méridien vers l'orient, dans le sens du mouvement diurne de la terre, le soleil lui paraît descendre vers le couchant ; et en même temps les pays situés à l'occident de Lyon, arrivent les uns après les autres au dessous du méridien où est le soleil. Il n'est donc midi pour eux que lorsque l'heure du midi est déjà passée pour Lyon depuis plus ou moins de temps, et lorsque l'on y compte les heures du soir. Mais l'aiguille que l'on a placée sur midi quand cette ville était sous le méridien fixe, s'étant écartée de cette heure autant que Lyon s'est éloignée du méridien, et ayant avancé du côté du levant, et sur les heures du matin, indique donc ainsi quelle était l'heure que l'on comptait dans ces différents pays, quand il était midi à Lyon. On pourrait faire un raisonnement semblable pour les pays situés à l'orient, par rapport à cette ville. Ceux-ci arrivant sous le méridien solaire plutôt que Lyon, comptent déjà les heures du soir, quand cette ville voit le soleil dans son méridien.

Ayant trouvé la différence entre les midis de deux villes, on a aussi celle qui a lieu entre les autres heures du jour et de la nuit. Si l'on vou-

lait résoudre ce dernier cas directement, après avoir amené Lyon sous le méridien fixe, on mettrait l'aiguille sur l'heure donnée, sur quatre heures du matin, par exemple, si c'était là l'heure convenue; et à mesure qu'en fesant tourner le globe sur lui-même, il arriverait sous le méridien quelque pays remarquable, on saurait quelle heure on y compte, quand il est quatre heures du matin à Lyon, en regardant l'heure indiquée par l'aiguille. Le méridien fixe ne serait plus alors celui qui passe par le soleil : mais ce serait un autre méridien céleste, ou le cercle horaire sous lequel Lyon passe à quatre heures du matin. Les pays situés à l'orient de Lyon, le rencontrent plutôt, et ceux qui sont à l'occident plus tard. Il est bien pour les uns et pour les autres quatre heures du matin, quand ils arrivent à ce méridien. Mais, comme on a dit, la même heure n'arrive que successivement pour les pays situés dans le sens du mouvement journalier, et l'on compte au même instant des heures différentes dans ces différents pays.

Le problème qu'on vient de résoudre méchaniquement par le moyen d'un globe, se résout d'une manière plus précise par le calcul, lorsque l'on connaît la différence des longitudes. On compte une heure pour 15 degrés, et une minute de temps pour 15 minutes de degré. Ainsi quand il est midi à Lyon, il est déjà une heure du soir

pour les pays qui sont de 15 degrés à l'orient de cette ville ; deux heures, pour ceux qui sont à 30 degrés, etc. Il n'est encore que 11 heures du matin pour les pays qui en sont éloignés de 15 degrés vers l'occident : dix heures seulement pour ceux qui en sont à 30 degrés, et ainsi de suite. (*u*)

TROISIÈME PROBLÊME. *Trouver la latitude dans tous les temps et dans tous les lieux.* La latitude ou la distance à l'équateur est, comme on sait, égale à la hauteur du pole au dessus de l'horison ; et nous avons enseigné à trouver cette hauteur. Voilà donc un premier moyen d'avoir la latitude : mais on peut l'obtenir encore par le moyen des étoiles et du soleil. L'on n'a qu'à observer dans le lieu où l'on est, la hauteur méridienne d'une étoile dont la déclinaison soit connue, et l'on en déduira facilement la connaissance de la latitude. En effet ou l'étoile est placée entre l'équateur et le zénith de l'observateur ; et dans ce cas, on n'aura qu'à retrancher la déclinaison de l'étoile de sa hauteur méridienne, pour avoir l'élévation de l'équateur, dont le complément est la latitude demandée : ou c'est l'équateur qui se trouve entre le zénith et l'étoile ; et alors on ajoute la déclinaison à la hauteur observée, et l'on a encore ainsi l'élévation de l'équateur au dessus de l'horison, et par suite la latitude : ou enfin c'est le zénith de l'observateur qui est entre l'équateur et l'étoile ; dans ce dernier cas, le complément de la hauteur

de l'astre sera sa distance au zénith ; et retranchant cette distance de la déclinaison connue, il restera la distance du zénith à l'équateur, ou la latitude. (*v*)

On se sert du soleil tout comme des étoiles pour résoudre ce problême. Il est vrai que la déclinaison de cet astre change tous les jours ; mais l'on a dressé des tables où cette déclinaison est marquée pour tous les jours de l'année. Ces tables ne sont faites que pour un méridien déterminé, et par conséquent ne donnent la déclinaison du soleil que pour une heure qui diffère plus ou moins de celle où l'on fait l'observation. Mais on peut trouver facilement quelle est cette déclinaison pour cette heure là, par une simple règle de proportion. Par exemple, l'on a observé la hauteur méridienne du soleil, dans un temps où sa déclinaison change de 12 minutes de degré en 24 heures ; et l'on a des tables de déclinaison dressées pour le méridien de Paris, c'est-à-dire, qui donnent la déclinaison du soleil, pour le moment où cet astre arrive au méridien de Paris ; l'on sait d'ailleurs que l'on est de 90 degrés environ à l'orient de Paris. Par conséquent, quand le soleil a été observé au méridien, il n'était encore que six heures du matin à Paris ; et puisque le changement en déclinaison est dans ce temps-là de 12 minutes en 24 heures ; c'est trois minutes pour six heures. Il faudra donc retrancher trois minutes de la déclinaison que la table donne ce jour-là. Il est

donc toujours possible, quand on peut découvrir les astres, de connaître en quelque lieu de la terre qu'on se trouve, à quelle distance on est de l'équateur.

QUATRIÈME PROBLÊME. *Trouver les longitudes sur mer comme sur terre.* La longitude est, comme on a dit, la distance à un méridien connu comptée sur l'équateur, dans le sens du mouvement diurne réel, c'est-à-dire, d'occident en orient. Mais comment mesurer cette distance ? c'est en mesurant le temps qui s'écoule depuis le passage du soleil par ce méridien fixe et connu, jusqu'à son arrivée au méridien du lieu dont on cherche la longitude. L'on a observé tout-à-l'heure que le mouvement progressif du soleil par lequel il paraît tourner en 24 heures autour de la terre, étant la seule mesure du temps, les différents peuples situés dans le sens de ce mouvement, devaient compter des heures différentes dans le même instant. Pour avoir donc la différence de longitude qui se trouve entre deux villes, il suffit de connaître la différence qu'il y a entre leurs midis, ou en général entre les heures qu'elles comptent dans le même temps. Il y a deux moyens propres à conduire à ce but.

Le premier qui est susceptible de beaucoup d'exactitude, n'est praticable ni par-tout, ni en tout temps. Pour le mettre en usage, il faut deux observateurs, un dans chacune des deux villes

dont on veut connaître la distance en longitude. Ces deux observateurs, munis chacun d'une pendule bien réglée sur le soleil, saisissent le moment de l'apparition de quelque phénomène céleste, visible en même temps de ces deux endroits; et ils notent avec soin l'heure qu'il était à leur pendule au moment précis où le phénomène a commencé, ou bien à celui où il a fini. Ordinairement on ne laisse échapper aucune circonstance un peu remarquable, afin que le grand nombre des observations écarte tous les sujets d'incertitude. S'il s'agit, par exemple, d'une éclipse de lune, on tient régistre du temps où les parties les plus remarquables de la surface de cet astre ont perdu leur lumière. Comme le phénomène a dû arriver, et se voir au même instant dans les deux endroits dont il est ici question, et qu'au même instant on compte des heures différentes dans les pays qui ont des méridiens différents; il suit que le phénomène observé ne sera pas arrivé à la même heure dans ces deux endroits, quoiqu'il ait eu lieu pour l'un et pour l'autre dans le même moment. Il aura paru à minuit, par exemple, dans une de ces villes, tandis que dans l'autre, on l'aura vu à deux heures et demie du matin. Il y aura donc entre les méridiens de ces deux villes, une différence de deux heures et demie, ou de 37^d et demi; n'importe pas que leur latitude soit ou ne soit pas la même.

Mais il n'est pas nécessaire aujourd'hui d'avoir deux observateurs. Les mouvemens célestes sont maintenant si bien connus, que tous les phénomènes remarquables, propres à donner les longitudes, sont annoncés d'avance. Tous les ans les éphémérides et la connaissance des temps apprennent aux astronomes quels sont ceux qui peuvent être observés, et indiquent en même temps l'heure à laquelle ils seront vus à Paris. Il n'y a donc plus qu'à les observer dans le lieu où l'on est, et comparer l'heure à laquelle on les a vus, avec celle où ils devaient arriver à Paris, pour en conclure la différence de longitude. Mais les phénomènes célestes ne sont pas assez fréquents, et les observations qu'on peut faire en mer, n'ont pas assez de précision, ou deviennent trop difficiles, lorsqu'il s'agit de petits objets, à cause de la mobilité du vaisseau; de façon que cette méthode qui est très-sûre, n'est guère praticable que sur terre. Il en est une autre qui serait tout aussi sûre, et qui aurait de plus l'avantage d'être très-expéditive, et toujours prête au besoin, si l'art de l'horlogerie pouvait parvenir à un certain degré de perfection.

En effet concevons qu'on a une montre dont le mouvement est parfaitement régulier et invariable, et que cette montre a été réglée avec soin sur le soleil dans quelque lieu bien connu, à Paris, par exemple. A présent dans quelque endroit

de la terre qu'on porte cette montre, elle indiquera toujours l'heure qu'il est à Paris, au moment où on la consultera; et si d'un autre côté l'on peut savoir quelle heure il est dans le lieu où l'on se trouve, la différence de ces heures fera connaître de combien ce lieu est plus oriental ou plus occidental que Paris, et par conséquent donnera la différence des longitudes entre ces deux endroits. Ainsi si la montre marque midi, tandis qu'il n'est encore que 4 heures du matin dans le lieu où l'on est, ce lieu sera de 120 degrés à l'occident de Paris. Ayant la longitude du point de la terre où l'on est placé, il n'y a plus pour connaître au juste sa position sur le globe, qu'à déterminer sa latitude par quelqu'un des moyens indiqués ci-dessus.

La difficulté est donc d'avoir de ces montres, dont le mouvement doit être si régulier, qu'après avoir été réglées une fois sur le soleil dans un endroit quelconque, elles puissent, quelque part que l'on se trouve, faire connaître à chaque instant l'heure qu'il est dans cet endroit. Comme la connaissance des longitudes est de la plus grande importance, sur-tout pour la navigation; le Parlement d'Angleterre fit en 1726 un acte, par lequel il assurait une récompense de 20000 livres sterling à celui qui découvrirait un moyen sûr et praticable en tout temps, d'avoir en mer la longitude à un demi-degré près. Le Régent en France promit

promit pareillement une somme de 100,000 fr.; mais toutes ces magnifiques promesses n'ont eu d'autre effet, que de faire éclore quelques chef-d'œuvres d'horlogerie, qui n'ont pu être exécutés que par des artistes d'un talent fort rare, et qui n'ont pas pu être imités, même par de bons ouvriers. Harrison à Londres, à Paris Berthoud et Julien Leroi sont parvenus à faire des montres d'une grande perfection, et qui ont été même au-delà de ce que l'on demandait. Mais ces habiles artistes n'ont eu que peu ou point d'imitateurs; et d'ailleurs leurs ouvrages, quelques parfaits qu'ils fussent en sortant de leurs mains, se sont bientôt altérés, et ont ainsi perdu tout leur mérite. De façon que l'art de l'horlogerie n'a point encore acquis, et n'acquerra peut-être jamais le degré de perfection nécessaire pour donner la solution du problême des longitudes.

C'est sur-tout en mer que la connaissance des longitudes est importante. Un navire changeant à chaque instant de position sur la terre, il faut aussi à tout moment déterminer à quelle distance on est des côtes et des écueils; quel est le chemin qu'on a fait, quel est celui qui reste à faire. Les marins n'ont, pour se guider à cet égard, qu'une estime qui les trompe souvent, qui peut même les égarer, dit-on, de plusieurs centaines de lieues après une longue navigation. Ils jettent en mer le loch auquel est attachée une petite corde

divisée en parties égales par des nœuds. Ce corps restant en arrière, tandis que le vaisseau avance, ils devident la corde, et comptent combien il passe de nœuds dans un temps connu, comme d'une ou deux minutes ; et ils concluent de là le nombre de lieues qu'il font par heure, en supposant la vîtesse du vaisseau uniforme pendant un certain temps. Toutes les fois qu'on apperçoit un changement sensible dans cette vîtesse, on jette de nouveau le loch : en tenant ainsi compte à chaque instant de la vîtesse du bâtiment, et de la direction de la route qu'ils ont soin de tracer sur la carte, ce qu'on appelle *faire le point*, ils estiment le lieu de la terre où ils se trouvent dans le moment. Malgré cela, il est facile de voir combien cette méthode peut être fautive. Les montres marines seraient infiniment préférables, s'il était possible d'en avoir d'assez exactes et d'assez sûres. Une montre marine, pour donner la longitude à un demi-degré près, au bout d'une navigation de six mois, comme le demandait le Parlement d'Angleterre, ne doit pas avoir varié pendant tout ce temps-là de plus de deux minutes ; car deux minutes de temps répondent à un demi-degré. Ce demi-degré a sur la terre une étendue plus ou moins grande, comme il sera expliqué bientôt. A l'équateur, il vaut 12 lieues et demie : ainsi une variation de deux minutes dans la montre, peut jeter les navigateurs dans une

erreur de plus de douze lieues ; ce qui n'est pas sans doute à négliger. Mais de plus, comment être assuré que cette montre n'a pas éprouvé de plus grande variation ? Il n'est pas possible de le savoir tant qu'on est en mer. Ce n'est que lorsqu'on a abordé dans quelque pays, dont la longitude est déjà connue, ou dont on peut trouver la longitude par l'observation, qu'il est permis de s'assurer de l'exactitude ou de l'infidélité du guide que l'on a pris. Ce moyen de trouver les longitudes, est donc, comme on voit, bien éloigné encore de pouvoir remplir les besoins de la navigation. M. de Lalande, qui s'est beaucoup occupé du problême des longitudes, a enseigné une méthode pour les trouver en mer, en prenant la distance de la lune à quelque belle étoile qui ne soit pas loin de l'écliptique : et quoique ce moyen demande encore quelques calculs, et un homme exercé, ce qu'on ne trouve pas toujours chez les marins, l'on peut dire néanmoins qu'il donne une solution plus complette qu'aucun autre du problême des longitudes.

CINQUIÈME PROBLÊME. *Trouver la valeur des degrés de longitude dans les différentes parties de la terre.* On a vu dans le chapitre 5e, comment on était venu à bout de mesurer la circonférence de notre globe : on se rappelle qu'un degré du méridien terrestre, à la latitude de Paris, s'est trouvé de 25 lieues, chacune de 2283 toises. Nous disons à

la latitude de Paris, parce que les degrés sont un peu plus courts en approchant de l'équateur, et un peu plus longs en allant vers les poles, comme il a été expliqué précédemment. Cependant l'on regarde communément les degrés du méridien comme tous égaux entre eux, et chacun de 25 lieues, parce qu'en effet leur différence est assez petite. Il suit de-là que dès qu'on change d'un degré en latitude on est plus près ou plus loin de l'équateur de 25 lieues, et réciproquement si l'on s'est approché ou éloigné de l'équateur de 25 lieues, on a changé d'un degré en latitude. Ceci a lieu quelque part que l'on soit placé sur la terre, parce que tout mouvement en latitude se fait toujours sur les méridiens, qui sont tous de grands cercles de la sphère.

Pareillement si l'on est sur l'équateur terrestre, qui est aussi un grand cercle, et que l'on avance sur sa circonférence, sans s'en écarter à droite ni à gauche, on changera d'un degré en longitude pour toutes les 25 lieues qu'on fera ; et deux villes situées sur l'équateur à 100 lieues de distance l'une de l'autre, auront entre elles une différence de longitude de quatre degrés. Mais hors de l'équateur, ce n'est plus la même chose. La circonférence des parallèles à ce cercle va en diminuant à mesure que l'on approche des poles ; et il est clair par conséquent que lorsqu'on avance de 25 lieues sur quelqu'un de ces parallèles, le changement en longitude est de plus d'un degré, et qu'il

est d'autant plus grand, que l'on se trouve à une plus grande distance de l'équateur. La Trigonométrie enseigne à trouver la valeur itinéraire d'un degré de longitude à quelque latitude que ce soit. Mais comme nous ne devons supposer dans cet ouvrage aucune connaissance de ce genre, nous nous contenterons de donner ici la valeur de ces degrés à toutes les latitudes de dix en dix degrés de l'équateur jusqu'au pole. Ainsi à l'équateur, le degré de longitude vaut 25 lieues; à 10 degrés de ce cercle, il en vaut encore 24 et 3 cinquièmes; à 20 degrés, il est de 22 lieues; de 21 lieues, à 30 degrés; de 15 lieues, à 50 degrés de latitude; de 12 lieues et demie, à 60; de 8 lieues et demie, à 70; et de 5 lieues seulement au 80e degré de latitude. A la latitude de Lyon, le degré de longitude est de 17 lieues environ. Ainsi la circonférence du parallèle où nous sommes placés, n'est que de 6120 lieues à peu près : tandis que celle de l'équateur est de 9000 lieues. La valeur de cette circonférence exprime aussi le nombre de lieues que fait le point de la terre où se trouve Lyon, dans l'espace de 24 heures. La vîtesse de ce point est donc de 255 lieues par heure, ou de 4 lieues et un quart par minute. On a vu que celle d'un point de l'équateur était par minute de 6 lieues et un quart. Dans quelque lieu que l'on soit, on change d'un degré en longitude, toutes les fois que l'on fait dans un sens perpendiculaire au

méridien, un chemin égal à la valeur de ce degré, dans la latitude où l'on se trouve.

Supposons maintenant un voyageur qui part de Lyon, et s'avance directement vers le levant. Dès qu'il aura fait 17 lieues dans ce sens, il aura avancé d'un degré ; et comme il va au devant du soleil, il sera midi pour lui, quatre minutes avant qu'il soit midi pour nous. Il comptera midi, une heure avant nous, quand il aura fait 15 degrés, ou 255 lieues : et ainsi de suite. A mesure donc qu'il avance, le soleil se lève toujours plutôt pour lui que pour nous : ses jours anticipent toujours plus sur les nôtres ; et lorsqu'il aura parcouru la moitié de la circonférence sur laquelle il marche, qu'il se trouvera ainsi dans la partie opposée de notre méridien, il dira déjà *midi*, quand nous dirons nous *minuit* seulement. Il aura donc déjà gagné douze heures de temps : si le soleil est alors à l'équateur, il le verra coucher au moment même où il se levera pour nous. Enfin fesons-lui achever le tour du globe toujours dans le même sens. Quand il sera de retour au lieu de son départ, il comptera un jour tout entier de plus que nous, et il sera au jeudi à midi, par exemple, quand nous ne serons nous qu'à pareille heure du mercredi. Si notre voyageur eût fait le tour de la terre en allant du côté du couchant, l'effet eût été entiérement opposé ; c'est-à-dire, que les jours seraient devenus sans cesse plus longs pour lui : le soleil

se serait toujours levé plus tard, et serait arrivé plus tard à son méridien. Au bout du temps nécessaire pour faire 180 degrés, il aurait eu encore *minuit*, quand nous aurions eu déjà le *midi* suivant; et enfin après avoir fait le tour entier, il aurait été encore au mardi, quand nous eussions été nous déjà au mercredi. Cette différence dans le compte des jours de la semaine, fut remarquée au retour des premiers navigateurs, qui avaient fait le tour du monde. Elle fut prise d'abord pour une erreur de leur journal; mais en y réfléchissant, on reconnut bientôt que c'était un effet nécessaire du mouvement successif et journalier du soleil autour de la terre.

Sixième Problême. *Tracer une ligne méridienne.* L'on a donné ci-dessus une méthode pour résoudre ce problême au moyen des étoiles: mais comme on se sert plus communément du soleil pour cela, il nous faut expliquer ici de quelle manière on opère à ce sujet, et quel est le procédé à suivre pour avoir, par ce moyen, une méridienne aussi exacte qu'il est possible. Nous observerons d'abord, que le soleil paraissant décrire, pendant qu'il est sur l'horison, une portion plus ou moins grande d'un cercle parallèle à l'équateur, et le méridien divisant cet arc en deux parties parfaitement égales entre elles, tous les points de l'une de ces moitiés, doivent avoir dans l'autre des points correspondants également éloignés du mé-

ridien, et à une hauteur égale au dessus de l'horison. Si l'on considère deux quelconques de ces points correspondants, les heures auxquelles le soleil y arrivera, seront également distantes de l'heure de midi. C'est sur ces principes qu'est fondée la méthode employée par les astronomes, pour avoir avec précision le moment du passage du soleil par le méridien. Ils prennent avec un quart de cercle la hauteur du soleil, deux ou trois heures avant midi, et ils notent l'heure qu'il est à leur pendule au moment où le soleil a le matin une certaine hauteur. Ils attendent ensuite le soir, que le soleil soit descendu justement à la même hauteur prise avec le même instrument, et ils tiennent pareillement compte de l'heure que la pendule marque dans ce moment-là. Le passage du soleil par le méridien a eu lieu précisément au milieu de l'espace de temps qui s'est écoulé entre les deux observations. En prenant donc le milieu du temps donné par la pendule, l'on a l'heure de midi avec précision, et l'on sait de combien cette pendule avance ou retarde sur le soleil. Cette méthode, qui s'appelle la méthode des *hauteurs correspondantes*, ne donne, comme on voit, le passage du soleil par le méridien, qu'après qu'il a eu lieu. Si l'on voulait saisir cet astre au moment où il arrive à ce cercle, il faudrait avoir, ou une méridienne déjà tracée, ou une lunette placée dans le plan du méridien, laquelle s'appelle alors,

instrument des passages : ou enfin il faudrait, comme on le fait en mer, suivre le soleil à mesure qu'il s'élève ; et le moment de midi serait celui où cet astre est parvenu à la plus grande hauteur au dessus de l'horison. Cette dernière méthode ne saurait être parfaitement exacte, parce qu'aux environs de midi, la hauteur du soleil ne varie que d'une quantité peu sensible, le mouvement de cet astre dans ce moment-là étant à peu près parallèle à l'horison.

Les principes sur lesquels est fondée la méthode des hauteurs correspondantes, vont nous servir à tracer une méridienne. Puisque le soleil avant et après son passage par le méridien, se trouve en des points également élevés au dessus de l'horison, il suit que lorsqu'il est à ces hauteurs égales, l'ombre des corps placés verticalement, doit être exactement de la même longueur. Si donc on dispose dans ce sens-là une aiguille ou *stile* sur un plan bien horisontal, et au centre même d'une circonférence de cercle, dont la grandeur soit telle, que l'ombre du stile, après avoir dépassé d'abord cette circonférence, tombe ensuite toute entière en dedans, à mesure que le soleil approche du méridien ; il y aura le matin un moment où cette ombre sera égale à un rayon du cercle décrit, et où son extrêmité tombera sur quelque point de la circonférence : et l'après-midi il arrivera aussi, que cette ombre en s'allongeant, at-

teindra encore la même circonférence en quelque autre point. Dans ces deux momens l'ombre du stile aura donc été exactement de la même longueur, et par conséquent le soleil se sera trouvé alors à la même hauteur au dessus de l'horison, et à des distances égales du méridien. Maintenant si l'on a marqué avec soin les deux points de la circonférence où l'ombre se terminait le matin et le soir, dans ces deux instans également éloignés de l'heure de midi, et qu'on tire ensuite une ligne droite par le milieu de l'intervalle qui les sépare, et par le pied du stile, cette ligne représentera la direction de l'ombre au moment du passage du soleil par le méridien, et sera donc ainsi la méridienne demandée.

On trace ordinairement deux ou trois circonférences concentriques, ou qui ont toutes leurs centres au même point, au pied du stile, afin d'avoir plusieurs points de la même méridienne, et d'être ainsi plus sûr de la justesse de l'opération. Au lieu d'une aiguille, dont l'ombre est toujours assez mal terminée, il vaut mieux faire usage d'un petit pilier, surmonté d'une plaque de plomb ou de cuivre, inclinée ou perpendiculaire à sa longueur, et percée d'un trou circulaire; destiné à laisser passer les rayons du soleil. Ces rayons servent, comme l'ombre de l'aiguille, à marquer sur les circonférences, les points qui doivent donner par la méthode indiquée, la direc-

tion de la méridienne. L'image du soleil transmise par le *gnomon*, ayant toujours une certaine étendue, on attend que le centre même de cette image soit placé sur quelqu'une de ces circonférences, pour marquer le point sur lequel tombe ce centre. Quand on emploie un gnomon, les arcs concentriques doivent être décrits de l'endroit du plan qui est verticalement au dessous de l'ouverture par laquelle passent les rayons du soleil. Si l'on se sert d'un stile, on peut encore lui donner telle inclinaison que l'on voudra, pourvu qu'on prenne pour centre des arcs le point qui répond directement à l'extrêmité de ce stile. Pour avoir ce point dans l'un et l'autre cas, on laisse tomber de l'extrêmité du stile, ou de l'ouverture du gnomon, un fil à plomb terminé en bas par une pointe qui marque sur le plan horisontal le point central demandé.

La méthode que l'on vient d'exposer, suppose que le soleil décrit pendant qu'il est sur l'horison, un arc parallèle à l'équateur, ou au moins que dans l'intervalle de l'observation du matin à celle du soir, sa déclinaison est demeurée sensiblement la même. Mais cela n'est vrai que lorsqu'il est aux tropiques, ou dans leur voisinage : dans tout autre point, la déclinaison du soleil change plus ou moins du matin au soir, et ce changement est le plus considérable aux équinoxes, comme on l'a fait voir dans le chapitre 4e. A cette époque,

la déclinaison du soleil varie de 23 à 24 minutes en un jour ; tandis que cette variation aux solstices n'est que de quelques secondes dans le même espace de temps. Il n'est donc pas vrai que le soleil décrive chaque jour un cercle parallèle à l'équateur, puisque sa déclinaison augmente ou diminue à chaque instant. Les cercles que cet astre paraît décrire tous les jours, par l'effet de son mouvement annuel combiné avec le mouvement diurne de la terre, sont tous plus ou moins inclinés à l'équateur ; et de leur suite il résulte une courbe en spirale, dont les révolutions vont en se resserrant de l'équateur aux tropiques.

De cette idée sur le mouvement apparent du soleil, il suit que lorsque cet astre est à des hauteurs égales au dessus de l'horison le matin et le soir, il n'est cependant pas à égale distance du méridien, si ce n'est dans le temps des solstices, où sa marche est alors parallèle à très-peu près à l'équateur. Dans tout autre temps, le soleil, lorsqu'il sera descendu le soir à la même hauteur, où on l'a observé le matin, se trouvera à une distance plus ou moins grande du méridien, selon que cet astre se sera dans cet intervalle approché ou éloigné de notre zénith. Si l'on suppose que le soleil est dans les signes descendants, alors l'ombre des corps perpendiculaires à l'horison ; devenant tous les jours plus longue à pareille

heure, on voit que le soir, lorsque le soleil aura passé le méridien, et qu'il s'en trouvera autant éloigné qu'il l'était au moment de l'observation du matin, l'ombre du stile se trouvera plus longue, et dépassera la circonférence, parce que le soleil dans cet intervalle, se sera éloigné de quelque chose de notre zénith. Ainsi lorsque l'extrémité de l'ombre du stile a atteint la circonférence le soir, le soleil n'était pas encore tout-à-fait aussi distant du méridien, qu'il l'était lors de l'observation du matin. Ce serait tout le contraire, si cet astre se trouvait dans les signes ascendants. Il suit de l'observation qu'on vient de faire, que hors du temps des solstices, les points marqués le matin et le soir, ne sont pas exactement à égale distance de midi, et que la méridienne ne devrait pas être tirée par le milieu de leur intervalle. En rigueur, cela est vrai, mais dans quelque temps de l'année qu'on emploie la méthode exposée ci-dessus, l'erreur à laquelle elle peut donner lieu, est si peu de chose, qu'on peut la négliger sans inconvénient, lorsqu'on n'a pas besoin d'une très-grande précision. A peine la méridienne s'écartera-t-elle de quelques secondes du midi vrai, en supposant qu'elle fût tracée dans le temps le plus défavorable, c'est-à-dire, à l'équinoxe. Mais si l'on veut la plus grande précision possible, ce sera une chose facile au moyen de la correction suivante.

L'on vient de voir que l'observation du soir était faite ou trop tôt, ou trop tard, selon que le soleil s'éloignait ou s'approchait du zénith. Il faut donc retarder ou avancer plus ou moins cette observation , pour avoir avec justesse le moment où cet astre était autant éloigné du méridien que le matin. La quantité dont il faut la retarder ou l'avancer, dépend : 1° Du mouvement du soleil en déclinaison : 2° De l'intervalle que l'on a mis entre les deux observations. On a donc dressé des tables qui indiquent de combien l'on doit avancer ou retarder cette observation du soir, pour toutes les distances du soleil à l'équateur, et pour les différents intervalles de temps que l'on peut mettre entre les deux observations. D'après ces tables, il est facile de trouver quel est le point de la circonférence qui est à la même distance de la méridienne, que celui qu'on a marqué le matin.

Supposons, pour en donner un exemple, que le soleil ait 9 degrés de déclinaison boréale, et que l'observation du matin ait été faite à 9 heures : ce qui met six heures d'intervalle entre les deux observations ; la table donnant 32 secondes pour cette déclinaison et ce nombre d'heures, il faudra donc avancer l'observation du soir de 32 secondes, si le soleil est dans les signes ascendants, et la retarder de la même quantité, s'il se trouve dans les signes descendants. Dans ce dernier cas,

on comptera 32 secondes, depuis le moment où l'extrêmité de l'ombre aura atteint la circonférence, et l'on marquera le point où elle la rencontre alors. Mais dans le premier, comme l'observation doit être avancée de la même quantité, et que l'ombre n'a point encore assez de longueur dans ce moment pour atteindre la circonférence, on attend qu'elle y soit parvenue, pour marquer le point où elle commence à la rencontrer : on marque ensuite de même celui sur lequel elle tombe 32 secondes après, et l'on porte avec un compas ce dernier intervalle, du premier de ces points vers celui marqué le matin. L'on a ainsi le point de la circonférence que l'ombre aurait atteint 32 secondes plutôt, si elle eût eu assez de longueur. On applique une correction semblable à la méthode des hauteurs correspondantes, quand on veut avoir avec beaucoup de précision le moment du midi vrai.

CHAPITRE VIII.

De la Parallaxe et de la réfraction.

Nous ne sommes point placés convenablement pour voir les mouvemens célestes tels qu'ils sont. C'est le centre de la terre, qui est, ou plutôt

qui paraît être le centre de la révolution des astres. C'est de-là qu'il faudrait les observer, et non de la surface, d'où l'on ne saurait voir leur position respective et leur marche dans l'exacte vérité. Il est donc nécessaire de réduire les observations que l'on fait sur la terre, à celles qui seraient faites de ce point central. Concevons que du centre de la terre, et d'un point quelconque de sa surface, on ait mené deux lignes droites au centre du même astre : ces deux lignes se confondront, et n'en feront qu'une seule, si l'astre est au zénith du lieu qu'on a choisi. Dans toute autre position, ces deux lignes seront distinctes, et se croiseront au centre de cet astre, en formant là un angle plus ou moins ouvert. Cet angle s'appelle *la parallaxe*, qui veut dire changement, parce que les astres vus de la surface de la terre, ne sont pas rapportés au même point du ciel, où on les verrait, si l'on était placé au centre.

Rendons sensibles par une figure ces notions sur la parallaxe. Supposons que le cercle *N O Q M*, (*fig.* 20ᵉ) représente la terre : *C* en sera le centre. Si la lettre *O* désigne un endroit de la terre qui voit l'astre *Z* à son zénith, il est évident que ce même astre vu du centre de la terre, paraîtra sur la même ligne *C Z*, et qu'il sera par conséquent rapporté au même point du ciel. Il

Il n'y a donc point de parallaxe pour un astre placé au zénith.

Mais si au lieu d'être au zénith, il en est plus ou moins éloigné, comme en L, alors les rayons par lesquels deux observateurs placés, l'un au point O, et l'autre au centre de la terre, appercevront cet astre, formant un angle entre eux, il sera vu de ces deux endroits, répondre à deux points différents du ciel. L'un le jugera en D, et l'autre en E. Mais comme c'est au centre C qu'il faudrait être placé, pour voir les astres dans leur vrai lieu, puisque c'est autoûr de ce point qu'ils paraissent transportés par le mouvement journalier ; il suit que sur la surface de la terre, sitôt qu'un astre n'est plus à notre zénith, nous ne le voyons plus dans le lieu qu'il occupe réellement ; et il y a alors parallaxe.

L'effet de la parallaxe est d'abaisser les astres au dessous de leur vrai lieu. Un œil placé au centre de la terre les verrait plus élevés au dessus de l'horison, que le point auquel nous les rapportons naturellement. Nous jugeons donc toujours la hauteur des astres moindre qu'elle n'est en effet ; et la quantité dont la parallaxe les abaisse, est d'autant plus grande, toutes choses égales d'ailleurs, qu'ils sont plus près de l'horison. Au zénith, la parallaxe est nulle : à l'horison, elle est la plus grande possible. En effet, c'est lorsque l'astre est en T dans l'horison du point O, que

l'angle formé par les deux rayons *O T*, *C T* est le plus grand : c'est alors qu'il y a le plus de différence entre son lieu vrai et son lieu apparent. L'angle *O L C* est la parallaxe de l'astre au point *L* : l'angle *O T C* est sa parallaxe au point *T*. Il est évident que ce dernier angle est plus grand que le premier. L'angle *O TC* s'appelle la parallaxe horisontale de l'astre qui est supposé au point *T*.

La grandeur de la parallaxe dépend donc de la distance au zénith : mais ce n'est pas tout ; elle dépend encore de l'éloignement réel de l'astre à la terre. Il est visible au premier coup-d'œil, que de deux astres, dont l'un serait placé en *T*, et l'autre en *t*, celui qui est le plus près de la terre, a une parallaxe plus grande que celui qui en est plus éloigné : car les deux lignes *O t*, *C t* font évidemment un angle plus ouvert que celui des lignes *O T*, *C T*. A mesure donc que la distance augmente, l'angle parallactique diminue ; et l'on conçoit que l'astre pourrait être si éloigné, que cet angle devînt absolument nul. C'est ce qui a lieu par rapport aux étoiles : leur distance à la terre est si grande, que les deux rayons tirés du centre du globe, et d'un point de sa surface à une même étoile vue dans l'horison, sont parallèles entre eux, ou ne font qu'une même ligne, et vont aboutir au même point du ciel. Les étoiles n'ont donc point de parallaxe. Le soleil lui-même, qui est infiniment plus près de nous que les étoiles, n'a,

comme on verra bientôt, qu'une parallaxe extrêmement petite. Il n'y a donc que les astres qui sont moins éloignés que le soleil, qui soient soumis à l'influence de cette cause, et sur les hauteurs desquels notre position hors du centre de la terre, produise quelque effet sensible. Pour ceux-ci, que nous ferons connaître dans la suite de cet ouvrage, on les juge toujours moins éloignés de l'horison, qu'ils ne le sont réellement; et les observations qu'on fait de leurs hauteurs, ont besoin d'être corrigées de l'effet de la parallaxe. Cependant si la parallaxe horisontale d'un astre est fort petite, comme cette quantité diminue encore à mesure qu'il s'éloigne de l'horison, on peut la négliger comme de peu de conséquence.

Mais la connaissance de la parallaxe ne sert pas seulement à corriger quelques erreurs dans les observations, et à leur donner ainsi plus d'exactitude et de précision : elle est encore de la plus grande utilité dans l'astronomie; puisqu'elle a donné lieu aux plus brillantes découvertes, et qu'elle nous a mis en état de mesurer les espaces célestes. Nous avons appelé l'angle OTC, la parallaxe horisontale d'un astre supposé en T dans l'horison du point O. Mais cet angle est aussi celui sous lequel serait vu le rayon CO du globe terrestre par un observateur placé au point T. On sait que nous jugeons de la grandeur d'un objet par l'écartement de deux lignes tirées à notre œil des deux extrê-

mités les plus éloignées de cet objet. Plus ces lignes sont rapprochées entre elles, plus l'objet nous paraît petit. Il nous paraît plus grand, à mesure qu'elles s'écartent davantage, ou qu'elles forment un plus grand angle. *C O* étant un rayon de la terre, si l'on suppose un œil placé au point *T*, il jugera de la grandeur du globe terrestre, par l'angle que forment à ce point les deux lignes *C T*, *O T*. Or cet angle est le même que la parallaxe de l'astre. Si donc il y avait quelque moyen de connaître cette parallaxe, on saurait quelle est la grandeur apparente du rayon de la terre, vû du point *T*, et l'on pourrait trouver son rapport avec la ligne *C T*; et comme d'un autre côté, l'on connait la grandeur réelle du rayon terrestre, l'on parviendrait donc à évaluer en lieues la distance de l'astre *T* à la terre.

Dans le triangle *O C T*, on connaît le côté *C O* qui est un rayon de la terre, et l'angle *C O T* qui est un angle de 90 degrés: Si l'on connaissait donc encore l'angle au centre de l'astre, ou sa parallaxe horisontale, il y aurait trois choses connues dans ce triangle. Mais c'est un principe de géométrie, que lorsqu'on connaît trois choses dans un triangle, pourvu qu'il y ait un côté dans ce nombre, il est toujours facile de déterminer les trois autres. L'on pourrait donc dans notre triangle *O C T*, trouver le côté *C T*, et avoir ainsi la distance de l'astre à la terre. Il ne s'agit donc, pour avoir cette distance, que de

trouver la parallaxe horisontale de l'astre. Or l'on peut l'obtenir aisément, lorsque l'on connaît l'effet de la parallaxe à une hauteur quelconque. Si l'on peut avoir, par exemple, la valeur de l'angle *O L C*, lorsque l'astre est en *L*, il sera facile d'en déduire celle de l'angle *O T C* qui a lieu lorsqu'il est à l'horison. Il suffit donc de trouver la parallaxe pour un degré quelconque de hauteur; et c'est à quoi l'on peut parvenir par les moyens suivants.

On cherche l'ascension droite d'un astre, lorsqu'il est près de l'horison du côté du levant, et on le compare pour cela à quelque étoile qui est à ce moment-là dans le méridien, ou à peu près. L'on fait ensuite la même recherche, lorsque l'astre est du côté du couchant, en le comparant à quelqu'autre étoile placée comme la première. Les deux ascensions droites observées devraient être égales, et le seraient en effet, si les observations avaient été faites du centre de la terre. Mais à sa surface, la parallaxe a dû donner une quantité trop grande pour la première observation, en abaissant l'astre vers l'horison, et le fesant ainsi paraître plus oriental, ou plus éloigné du premier degré du bélier, qu'il ne l'est réellement; et pour la seconde une quantité trop petite, puisqu'elle a reculé l'astre du côté du couchant, et l'a ainsi rapproché du même point. Si l'astre dans les deux cas a été observé à même hauteur au dessus de

l'horison, les deux erreurs seront égales; et en prenant un terme moyen entre les quantités données par l'observation, on aura la véritable ascension droite de l'astre, dont la différence avec l'une ou l'autre observation, sera l'effet de la parallaxe à la hauteur où était l'astre. Cette parallaxe connue fera, comme on vient de dire, connaître aisément la parallaxe horisontale. Mais il est un autre moyen plus propre encore à conduire au même but.

Supposons que deux observateurs sont placés sur la terre à une fort grande distance l'un de l'autre, et qu'ils observent en même temps le même astre. Il est évident que si la distance de cet astre à la terre n'est pas trop grande, il sera vu de ces deux endroits répondre en deux points différents du ciel étoilé; et si l'on conçoit que les deux observateurs sont sur le même méridien, et à 90 degrés environ de distance entre eux; que l'un des deux voie l'astre à son zénith, tandis que l'autre le voit à son horison; alors l'observation seule donnera directement la parallaxe horisontale. Les points *O* et *Q* dans la figure 20[e] représentent les deux endroits de la terre, où nous venons de supposer nos deux observateurs. Celui qui est placé en *Q* verrait l'astre au zénith, et par conséquent il n'y aurait point de parallaxe pour lui. Celui qui est en *O*, le verrait à l'horison, et l'effet de la parallaxe serait pour lui le plus grand possible. En compa-

rant ensemble les deux observations, leur différence serait l'angle *O T C*, ou la parallaxe horisontale. Mais l'on sent bien qu'il n'est guere possible de disposer les choses de cette manière sur la terre. Il suffit que les lieux des observations soient fort éloignés l'un de l'autre, pour que la différence dans la position de l'astre soit plus sensible; et qu'ils soient placés à peu près sous le même méridien, pour que les deux observations soient faites environ à la même heure.

Soient donc *A* et *B*, (*fig.* 21e) les deux endroits choisis sur la surface de la terre, pour l'observation de la parallaxe d'un astre *S*. Par l'effet de cette cause, l'astre sera vu de l'un et de l'autre point répondre en deux endroits différens du ciel. L'observateur placé en *A* le verra en *a*, et celui qui est placé en *B*, le rapportera au point *b*. Les deux observations donneront donc des résultats différents; et cette différence sera l'effet total de la parallaxe par rapport à ces deux endroits, ou la valeur de l'angle *A S B* formé au centre de l'astre par les rayons *A S*, *B S*. Cet angle étant connu, on en conclura celui que l'un ou l'autre de ces deux rayons fait avec la verticale *S C*, et par suite la parallaxe horisontale de l'astre.

Lorsqu'un astre a une parallaxe sensible, alors il est possible, comme on vient de voir, de trouver la grandeur de cet angle, et de déterminer la distance de la terre à cet astre. C'est ainsi que l'on

est parvenu à mesurer l'intervalle qui nous sépare du soleil. Il est vrai que l'on a trouvé sa parallaxe horisontale par une méthode différente de celles que nous venons d'exposer, et dont on dira un mot ci-dessous. Il nous suffit pour le présent de savoir que cette parallaxe, d'après les observations les plus exactes, a été fixée par M. Lalande à 8 secondes et demie ; et qu'il ne peut pas y avoir dans cette quantité plus d'une demi-seconde d'erreur. Ce résultat a été généralement admis par tous les astronomes. C'est-à-dire donc que deux rayons tirés au soleil, l'un du centre de la terre, et l'autre du point de sa surface, qui voit cet astre à l'horison, ne formeraient à son centre, qu'un angle de 8 secondes et demie : c'est-là la valeur de l'angle *O T C*, (*fig.* 20ᵉ) quand il s'agit du soleil.

L'on connaît donc à présent dans le triangle *O C T*, tout ce qui est nécessaire pour déterminer le rapport du demi-diamètre *O C* de la terre, avec le côté *C T*. Si l'on conçoit que l'on ait tracé sur le papier un triangle pareil au triangle *O C T*, et tel que l'angle formé au point *T*, ne soit que de 8 secondes et demie, ce triangle représentera celui qui est formé par le demi-diamètre de la terre, et par les deux lignes menées au soleil des points *O* et *C* : alors en portant avec le compas la grandeur *O C* du rayon terrestre sur la ligne *C T*, l'on saura combien de fois ce rayon est contenu dans l'intervalle qui s'étend entre nous et le soleil,

et par conséquent le nombre des lieues qui nous sépare de cet astre. Mais l'extrême petitesse de l'angle *O T C* ne permet pas de résoudre ce problême par la règle et le compas : c'est le calcul seul qui peut en donner la solution. C'est par ce moyen qu'on a trouvé que le rayon de la terre était contenu 23504 fois dans l'espace *C T* compris entre le soleil et nous ; et que cet astre était par conséquent à une distance de 34,761,680 lieues. L'on sait même de combien cette détermination peut s'écarter de la vérité : car on sent bien que dans des objets comme ceux-ci, et sur-tout la parallaxe du soleil étant une quantité si petite, il n'est pas possible de parvenir à une exactitude rigoureuse. L'erreur dans la distance du soleil, telle qu'on vient de la donner, peut être d'un 200e, et peut même aller à 200 mille lieues. Cette erreur possible n'est pas aussi grande qu'elle le paraît au premier coup-d'œil : ce n'est pas une lieue de mécompte sur 175. Il y a certainement peu de distances sur la terre, qui soient connues avec cette précision. Pour se faire une idée de ces 35 millions de lieues qui s'étendent de la terre au soleil, l'on n'a qu'à chercher quel est le temps qu'il faudrait à un boulet de canon fesant 6 mille toises par minute, et marchant toujours avec la même vîtesse, pour franchir cet intervalle ; et l'on trouvera qu'il lui faudrait plus de 8,000 jours, ou environ 22 ans. Ce résultat qui surprend d'abord, peut nous servir à apprécier

cette énorme distance : je dis énorme ; parce que nous sommes toujours portés à juger des choses par comparaison à la petitesse de nos moyens, à la brièveté de notre existence : mais nous verrons par la suite, et nous savons déjà, qu'il y a des distances bien plus grandes encore, et telles que la distance de la terre au soleil n'est par rapport à elles, que comme une quantité infiniment petite.

Voilà donc la distance du soleil connue. Voilà un grand espace mesuré ; et c'est notre terre qui nous a fourni la toise, pour ainsi parler, avec laquelle nous l'avons mesuré. C'est parce que nous connaissions le demi-diamètre de la terre, que nous savions sa valeur exprimée en lieues ; que nous avons pu déterminer le nombre de lieues qu'il y a d'ici au soleil. Sans cette première connaissance, nous n'aurions pas pu acquérir la dernière : et celle-ci à son tour en amènera d'autres à sa suite.

La parallaxe horisontale d'un astre est aussi, comme on a dit, l'angle sous lequel serait vu le demi-diamètre de la terre à la distance de l'astre. Si nous étions donc placés dans un éloignement égal à celui du soleil, le diamètre de notre terre ne nous paraîtrait occuper dans le ciel qu'un espace de 17 secondes. Or quand nous avons mesuré le diamètre du soleil, nous l'avons trouvé de 32 minutes, ou de 1920 secondes. Ainsi la terre et le soleil étant vus à une même distance, le diamètre du soleil paraîtrait 113 fois plus grand, que celui de la terre.

Mais celui-ci est de 2865 lieues : le diamètre du soleil sera donc de 323,155 lieues. Quant à la grosseur ou au volume du soleil, on pourra la trouver encore, en le comparant à la terre. Les solides semblables sont entre eux, comme leurs dimensions semblables multipliées deux fois par elles-mêmes. Par exemple, de deux boulets dont l'un aurait un diamètre double de celui de l'autre, le premier aurait huit fois plus de volume ; et l'on trouve ce nombre 8, en multipliant le nombre 2, qui exprime le rapport des diamètres, deux fois par lui-même. Pareillement si les diamètres des boulets étaient entre eux, comme 3 et 1, le premier boulet aurait un volume 27 fois plus grand : 27 est le produit du nombre 3 multiplié deux fois par lui-même. 8 est dit le *cube* de 2; et 27, le *cube* de 3.

Cela posé, puisque la terre et le soleil ont l'une et l'autre une figure semblable, et que le diamètre du soleil est 113 fois plus grand que celui du globe terrestre, il faudra multiplier le nombre 113 deux fois par lui-même, pour avoir le rapport du volume du soleil à celui de la terre. L'on trouve ainsi que le soleil est environ 1400 mille fois plus gros que notre globe. Lorsque nous en jugions par le premier rapport de nos sens, la terre nous paraissait être le corps le plus volumineux de la nature : il nous semblait que rien dans l'univers ne pouvait être comparé au globe que nous habitons. A présent nous voilà complettement détrompés à cet

égard. Nous savons que notre terre serait à peine visible pour nous, à la distance du soleil ; et que dans un éloignement dix à douze fois plus grand, nous cesserions tout-à-fait de l'appercevoir. Nous savons que le globe terrestre n'est presque rien en comparaison du soleil ; qu'il n'en est pas la millionième partie ; et que cet astre est assez gros pour faire 1400 mille terres semblables à la nôtre. Quels changemens étonnants dans nos idées, et combien nous étions éloignés de les prévoir en commençant ! Passons à la réfraction.

On appelle *réfraction*, une déviation qu'éprouvent les rayons de lumière en passant obliquement d'un corps transparent dans un autre, comme de l'eau dans l'air, ou de l'air dans le verre. Les rayons qui viennent d'un astre à notre œil, traversent d'abord des espaces qui sont, ou vides de toute matière, ou remplis d'un fluide extrêmement subtil. Arrivés aux confins de notre atmosphère, ils y trouvent un milieu plus dense et plus grossier, qui leur fait subir une réfraction, et les détourne de leur première direction, en les pliant vers la terre : et comme l'air, au travers duquel ils passent pour arriver jusqu'à nos yeux, prend plus de densité, à proportion qu'il est plus près de la surface de la terre ; ces rayons se plient de plus en plus, et suivent dans notre atmosphère une ligne courbe, dont la concavité est tournée en bas. Ils

nous parviennent donc ainsi dans une direction différente de celle qu'ils avaient en partant du corps lumineux. Or nous rapportons toujours les objets à l'extrêmité des rayons prolongés en ligne droite, qui viennent nous en apporter l'image. C'est au bout de cette ligne droite que nous les appercevons; que nous les croyons placés. Nous ne jugeons donc pas les astres, où ils sont véritablement, si les rayons qu'ils nous envoyent, ont été détournés de leur première direction. La réfraction les déplace donc encore pour nous, comme fait la parallaxe; mais elle les déplace dans un sens opposé: car cette cause courbant les rayons vers la terre, ces rayons, qui entrent dans notre œil, s'ils étaient prolongés dans la direction qu'ils ont alors, iraient aboutir à un point du ciel plus élevé que celui d'où ils sont partis.

Soit *N O P* (*fig.* 22e) le globe terrestre; *A B C* l'atmosphère, ou cette masse d'air qui enveloppe la terre: *S* un astre vu du point *O*, et élevé de quelques degrés au dessus de l'horison. Le rayon *S B O* qui va de cet astre au point *O*, ne suit pas, comme on voit, une ligne droite: mais en entrant dans l'air, il se plie vers la terre d'une certaine quantité. L'œil le reçoit dans la direction *B O*; et c'est sur le prolongement de cette ligne, en *T*, par exemple, qu'il jugera que l'astre est placé. Ainsi la réfraction élève les astres au dessus de leur vrai lieu: elle augmente donc leur hauteur

apparente au dessus de l'horison; tandis que la parallaxe la diminue. Mais ces deux effets ne se compensent pas mutuellement : ce qui oblige d'avoir égard à tous les deux, pour les astres qui sont sujets à l'un et à l'autre.

Une autre différence entre la parallaxe et la réfraction, c'est que la première, comme on a vu, dépend en partie de la distance de l'astre ; et que la dernière en est absolument indépendante. Il y a des astres si éloignés de nous, qu'ils n'ont point de parallaxe ; c'est-à-dire, que la distance de la surface de la terre à son centre, est une quantité absolument insensible, ou nulle, eu égard à leur extrême éloignement. Il n'est pas même nécessaire que cet éloignement soit si grand : car un astre placé deux ou trois fois plus loin que le soleil, n'aurait déjà plus de parallaxe sensible. Mais la réfraction a lieu pour tous les corps célestes, quelle que soit leur distance à la terre. Qu'un rayon de lumière ait fait peu ou beaucoup de chemin, avant d'entrer dans notre atmosphère, peu importe : ce n'est qu'au moment où il pénètre dans notre air, qu'il est détourné de sa route ; et que la cause de la réfraction commence d'agir sur lui. Tous les astres sont donc ainsi soumis à cette loi : ils sont tous déplacés par l'effet de la réfraction, sans égard à leur distance.

Mais une chose qui influe ici, comme dans la parallaxe, c'est la position de l'astre par rapport à

l'horison. La réfraction est nulle, lorsque l'astre est au zénith; parce qu'alors le rayon de lumière qu'il nous envoye, entre perpendiculairement dans l'air, et n'éprouve à cause de cela aucune déviation. Mais à mesure que l'astre est plus éloigné du zénith, le rayon qui vient à notre œil, entre dans l'atmosphère dans une direction de plus en plus oblique; et l'effet de la réfraction augmentant avec l'obliquité, ce rayon s'écarte de plus en plus de sa première route : de façon que la plus grande déviation qu'il puisse éprouver a lieu, lorsque l'astre est à l'horison. Observons cependant que l'effet de la réfraction serait encore plus grand, si l'astre était vu au dessous de l'horison : ce qui arrive, lorsqu'on est sur le sommet d'une haute montagne.

Une autre cause qui sert à augmenter la réfraction pour les objets vus dans l'horison, ou fort près de ce cercle, ce sont les vapeurs qui se tiennent toujours en assez grande quantité dans la partie inférieure de l'atmosphère, et qui altèrent plus la direction des rayons lumineux, que ne le ferait l'air pur, ou qui les réfractent au moins d'une manière moins régulière. La réfraction dépend encore beaucoup de la densité de l'air, laquelle varie, comme on sait, d'un moment à l'autre, surtout dans les parties basses de l'atmosphère. Suivant Mayer, la réfraction moyenne augmente d'un 22e, quand le baromètre monte de 15 lignes, ou que le thermomètre descend de 10 degrés. La

densité de l'air augmente, soit lorsqu'il devient plus pesant ; ce qu'indique l'ascension du baromètre : soit lorsque sa température devient plus froide ; ce qui est annoncé par l'abaissement du thermomètre. La réfraction est donc plus grande l'hiver que l'été ; dans les zones glaciales, que dans les zones tempérées, ou la zone torride. Les Holandais qui passèrent un hiver dans le Groenland, virent le soleil douze à quinze jours plutôt qu'ils ne l'attendaient, à cause de la réfraction, qu'une plus grande densité de l'air dans ces climats glacés rendait plus considérable.

Comme il était important pour l'astronomie, de savoir au juste quelle est l'influence de la réfraction sur la véritable position des astres, plusieurs astronomes célèbres se sont occupés de cette recherche. On trouve la valeur de la réfraction, en mesurant directement, et avec un bon instrument, la hauteur au dessus de l'horison, d'un astre qui ne soit pas sujet à la parallaxe, ou dont la parallaxe soit bien connue. On cherche ensuite par le calcul, quelle devait être cette hauteur au moment de l'observation. La différence entre ces deux hauteurs, l'une observée, et l'autre calculée, est l'effet de la réfraction. C'est de cette manière qu'on s'y est pris pour dresser des tables, qui indiquent pour chaque degré depuis l'horison jusqu'au zénith, la quantité dont cette cause altère les hauteurs des astres. Les tables dont on fait le plus d'usage,

sont

sont celles de Bradley et de Lacaille. Les deux tables ne sont pas d'accord par-tout : c'est qu'il y a, comme on vient de dire, deux causes physiques, sans cesse variables, la densité de l'air, et son mêlange avec les vapeurs, qui influent sur la quantité de la réfraction, et qui doivent y jeter quelque incertitude, sur-tout dans le voisinage de l'horison. Aussi évite-t-on toujours, autant qu'on peut, de faire des observations trop près de ce cercle. Cependant les deux astronomes que nous venons de nommer, s'accordent à peu près pour la valeur de la réfraction horisontale. Le premier la fixe à 32 minutes et près de 54 secondes, et le dernier à 33 minutes et deux tiers : ce qui veut dire, qu'un astre vu au bord de l'horison, est élevé par la réfraction, au moins de 33 minutes. Il est donc encore au dessous de ce cercle de toute cette quantité. Ainsi quand le bord supérieur du soleil commence à paraître, il est encore de 33 minutes de degré environ plus bas que l'horison ; et comme c'est-là à peu près la valeur de son diamètre, il suit que le soleil ne commence réellement à se lever, que lorsque son disque paraît tout entier au-dessus de l'horison. Or il faut pour cela de 3 à 4 minutes de temps dans nos climats : le jour commence donc environ 4 minutes avant le lever réel du soleil. Le même effet a lieu le soir, lorsque le soleil se couche. Cet astre est vu encore au dessus de l'horison, tandis que dans le vrai, il est déja

descendu au dessous. Son coucher apparent est donc ainsi retardé de 3 à 4 minutes, par l'effet de la réfraction. Cette cause augmente pour nous, d'environ un demi-quart d'heure, la durée du jour, ou de la présence du soleil au dessus de l'horison.

On voit dans la figure 22e, comment il est possible, qu'un rayon de lumière réfracté nous apporte l'image d'un objet qui nous serait demeuré caché sans la réfraction. Soit un astre *E* placé au dessous de la ligne *H O*, représentant l'horison du point *O*. Cet astre ne saurait être apperçu de ce point, si les rayons de lumière marchaient toujours en ligne droite : mais si le rayon *E A*, qui rase le bord de l'horison en *A*, et va passer au dessus du point *O* lorsqu'on le prolonge dans sa direction primitive, vient à éprouver en entrant dans l'atmosphère, une inflexion qui l'approche de la terre, et lui fait suivre une nouvelle route *A O*; alors parvenu en *O*, il fera appercevoir à l'œil que nous y supposons placé, l'astre *E* tout caché qu'il est, et il le fera voir sur l'alignement *O H*: on le croira donc au bord de l'horison, tandis qu'il sera encore réellement de 33 minutes au dessous. (x)

A mesure qu'un astre s'élève au dessus de l'horison, ses rayons nous parviennent toujours dans une direction moins oblique, et l'effet de la réfraction diminue. Mais cette diminution est plus rapide qu'elle ne serait, si elle dépendait unique-

ment de l'obliquité des rayons à leur passage dans notre air : c'est qu'auprès de l'horison, la réfraction est augmentée par une plus grande densité de l'air, et par les vapeurs dont les couches inférieures de l'atmosphère sont toujours chargées. A proportion que l'astre est plus élevé, ses rayons traversent des couches moins denses, plus pures, et qui produisent sur eux une moindre déviation. A 7 degrés de hauteur, la réfraction n'est déjà plus que de 7^m et un tiers environ : les deux tables sont d'accord en cet endroit. A 45°, c'est-à-dire, au milieu de la distance du zénith à l'horison, la réfraction, suivant Bradley, n'est plus que de 57 secondes : elle est encore, d'après Lacaille, de 66 secondes. Elle diminue donc ainsi progressivement jusqu'à 89 degrés, où elle n'est plus que d'une seconde de degré.

La réfraction produit sur le disque du soleil vu à l'horison, un effet que tout le monde a pu remarquer, et dont il faut donner ici l'explication. Ce disque, au moment que le soleil se lève ou se couche, ne paraît point circulaire : mais il a une forme allongée ou elliptique, dont le grand axe est parallèle à l'horison. C'est la réfraction qui altère ainsi la rondeur du soleil en élevant inégalement les deux extrémités de son diamètre vertical. Le bord supérieur, comme plus éloigné de l'horison, éprouve une réfraction plus petite que celle du bord inférieur ; ce qui doit, pour ainsi dire,

applatir le disque du soleil dans le sens vertical. Les deux extrêmités du diamètre horisontal, étant à égale hauteur au dessus de l'horison, la réfraction les élève également, et ne peut par conséquent altérer cette dimension du globe solaire (*y*).

CHAPITRE IX.

Des Planètes.

Il ne faut pas avoir observé les étoiles long-temps, pour s'être apperçu qu'il y en a quelques-unes qui changent continuellement de place dans le ciel, et qui d'ailleurs se font remarquer par une lumière tranquille et sans scintillation. Ces astres ont reçu le nom particulier de *Planètes*, c'est-à-dire, astres errants, par opposition aux étoiles fixes, qui gardent toujours entre elles les mêmes rapports de distance et de situation. Les planètes sont au nombre de cinq, ou plutôt de six (*y* *) : car dans ces derniers temps, on a reconnu une sixième planète, qui avait été jusqu'ici confondue avec les étoiles fixes. Les anciens ont donné aux cinq premières planètes les noms de leurs divinités ; *Mercure*, *Vénus*, *Mars*, *Jupiter*, *Saturne*. Nous appelons la dernière *Herschel*, du nom du célèbre astronome, à qui nous en devons la connaissance. Dans quelques endroits on lui a donné le nom d'*Uranus*.

De ces six planètes, il y en a deux qui sont plus rarement visibles que les autres ; Vénus et Mercure. La première ne peut se voir que pendant quelque temps avant le lever, ou après le coucher du soleil, et toujours du côté où cet astre est placé. La dernière se voit encore plus rarement ; et quand elle est visible, c'est toujours pour un temps fort court. Copernic, célèbre astronome du 16e siècle, et fondateur du véritable système du monde, n'avait jamais vu Mercure : c'est qu'il est très-voisin du soleil, et presque continuellement enveloppé de ses rayons. Pour les quatre autres planètes, elles sont visibles pendant toute l'année, excepté ce qui n'est pas long, pendant que le soleil parcourt le signe où elles se trouvent. Ces astres vont être pour nos lecteurs un nouvel objet d'étude et de recherches.

Essayons d'abord de donner une idée de leur nature. On vient de remarquer que leur lumière diffère sensiblement de celle des étoiles fixes, puisqu'elle n'est pas sujette à ce tremblement appelé scintillation. Or en parlant de ce dernier phénomène au commencement de cet ouvrage, nous avons paru disposés à l'attribuer à la vivacité de la lumière des étoiles, qui sont, comme on l'a fait voir, des corps lumineux par eux-mêmes. Mais si cette raison est admissible, l'uniformité de la lumière des planètes viendra de ce qu'elles n'ont point en elles-mêmes le principe de leur lumière,

et qu'elles ne brillent que d'un éclat emprunté. Cette conséquence se trouve d'ailleurs confirmée par d'autres preuves plus directes. Il arrive quelquefois que Mercure et Vénus se trouvent placés justement entre le soleil et nous ; et dans cette position, ils sont absolument privés à nos yeux de toute lumière, et ne nous présentent plus que l'apparence de deux taches rondes et parfaitement noires, qui seraient sur le disque même du soleil. Cette observation prouve donc bien que ces deux planètes n'ont d'autre lumière que celle qu'elles reçoivent d'ailleurs, et qu'elles n'ont en partage qu'une obscurité absolue. Il en est de même des autres planètes : car lorsque quelque corps opaque de leur voisinage se place entre elles et le soleil, il dérobe la lumière aux parties de la planète sur lesquelles son ombre vient à tomber ; et réciproquement si un corps éclairé passe derrière ces planètes relativement au soleil, ce corps perd sur-le-champ toute sa lumière, et devient invisible : ce qui n'arriverait pas, si la planète était lumineuse par elle-même. Il est donc prouvé que les planètes ne tirent point leur lumière de leur propre sein ; qu'elles ressemblent à cet égard-là à notre terre ; que toute la lumière qu'elles répandent autour d'elles, leur vient d'une source étrangère ; que cette source enfin, c'est le soleil qui dispense également ses bienfaits aux corps planétaires et au globe terrestre.

Maintenant si l'on fait usage du télescope, pour étudier ces astres de plus près, et découvrir, s'il est possible, quelques détails de leur surface, on reconnaîtra d'abord qu'ils sont beaucoup moins éloignés de nous que les étoiles ; puisque cet instrument amplifie beaucoup leur image. En second lieu, ils nous paraîtront d'une forme circulaire ; et de plus nous découvrirons sur les disques de Mars, Jupiter et Vénus, différentes taches, c'est-à-dire, des parties de leur surface plus ou moins brillantes, plus ou moins obscures : ce qui nous prouvera que la surface de ces planètes, comme celle de la terre, n'est pas sur toute son étendue, également propre à réfléchir la lumière.

Mais ces taches nous apprennent encore deux choses : Premièrement, que ce sont des corps sphériques, ou de la même forme que nous avons reconnue dans la terre et le soleil : Secondement, qu'elles ont aussi comme eux, un mouvement de rotation sur elles-mêmes. En suivant ces astres pendant plusieurs heures, on voit que des taches que l'on avait d'abord apperçues sur le bord du disque, s'avancent peu à peu vers le milieu ; et qu'elles paraissent plus grandes à mesure qu'elles s'éloignent du bord : cela prouve tout à la fois, et la convexité du corps des planètes, et leur mouvement de rotation. Quant à la durée de cette révolution, l'observation a appris qu'elle était pour Jupiter de 9^h 56m ; pour Mars de 24^h 40m : pour

Vénus, de 23^{h} 20^{m}. L'extrême éloignement de Saturne et de Herschel, la petitesse de Mercure, ainsi que sa trop grande proximité du soleil, n'ont pas permis de découvrir des taches sur leur surface : mais l'analogie nous autorise à penser que ces planètes sont sphériques comme les autres, et qu'elles ont aussi un mouvement de rotation sur elles-mêmes, dont nous ignorons la durée.

Outre les taches dont on vient de parler, les globes planétaires nous offrent encore quelques particularités remarquables. 1° Il n'est personne qui n'ait été frappé du grand éclat de Vénus : sa lumière surpasse de beaucoup celle de tous les corps célestes qui brillent pendant la nuit, dont on ait fait mention jusqu'ici. Son éclat est si vif dans certaines circonstances, que cette planète devient visible dans le ciel, lors même que le soleil est encore au dessus de l'horison. Dans les nuits fort obscures, Vénus jette souvent assez de lumière, pour que les corps donnent une ombre sensible. Vénus, comme les autres planètes, reçoit toute sa lumière du soleil ; et si elle nous la renvoye en si grande quantité, et avec tant d'éclat, c'est d'abord que ses distances à la terre et au soleil, sont proportionnées de manière à l'affaiblir moins que pour les autres planètes ; et en second lieu, que sa surface paraît être de nature à réfléchir abondamment les rayons lumineux. Vénus au télescope paraît comme un globe tout

hérissé de très-hautes montagnes, composées, à ce qu'il semble, de roches nues et blanchâtres.

2° Mars ne présente bien sensiblement sur son disque, que deux taches assez grandes, qui sont placées à ses poles. Ce sont des parties qui paraissent un peu plus éclairées que le reste de sa surface ; comme s'il y avait aux poles de cette planète, ainsi qu'à ceux de notre globe, des calottes de glace ou des aurores polaires continuelles. M. Messier a vu en 1799 une tache circulaire lumineuse sur le pole austral de Mars, ayant un mouvement d'orient en occident.

3° Jupiter nous offre des phénomênes plus intéressants. Son disque (*fig.* 23e) paraît divisé en plusieurs zones parallèles entre elles, et dans le sens de son équateur. Ces zones, que l'on appelle *les bandes* de Jupiter, ne sont pas toujours en même nombre. L'on n'en apperçoit quelquefois bien sensiblement que trois ; d'autres fois il s'en montre cinq ou même davantage : dans certains temps elles sont entières, et traversent toute la largeur du disque de la planète ; dans d'autres temps, il y en a quelques-unes qui sont tronquées, et comme déchirées. Ces bandes sont donc ainsi sujettes à divers changemens plus ou moins considérables, que l'on a essayé d'expliquer de différentes manières. Les uns ont pensé que les bandes de Jupiter étaient des parties de la surface même de la planète, qui n'étaient pas également propres

à réfléchir la lumière ; que les changemens qu'on y remarque, étaient de grandes révolutions physiques, qui s'opéraient dans le globe même de Jupiter ; et ils ont conclu de-là que cette planète n'était point encore parvenue à un état fixe et constant ; et que les divers élémens dont elle est composée, sont encore aux prises les uns avec les autres, et donnent ainsi lieu à ces étonnantes révolutions, qui sont sensibles pour nous, malgré l'énorme distance où elles se passent. D'autres physiciens pensent que ces taches n'existent que dans une atmosphère, que l'on peut raisonnablement supposer autour de Jupiter ; qu'elles ne sont que des amas de vapeurs, semblables à ceux qui se forment dans notre air, et qui, comme nos nuages, changent souvent d'un moment à l'autre. Mais l'on ne peut, comme on le sent bien, former sur cet objet que des conjectures plus ou moins plausibles.

4° En observant Saturne, on est surpris de ne pas lui trouver une figure semblable à celle des autres planètes. Saturne, vu au télescope, se montre ordinairement comme un globe, auquel seraient attachées deux espèces d'anses. Ces anses paraissent tantôt s'ouvrir, tantôt se fermer, et leur épaisseur dans ce dernier cas, diminue jusqu'au point qu'elles disparaissent totalement. Alors Saturne paraît rond, comme les autres planètes ; mais ce n'est pas pour long-temps. Les anses reparaissent bien-

tôt, d'abord comme un trait de lumière fort délié : elles s'ouvrent ensuite peu à peu, prennent graduellement plus de largeur, et la planète revient à son premier état.

Dans les premiers temps où l'on appercut cette singulière figure de Saturne, on ne savait quelle idée s'en faire ; parce que les lunètes dont on se servait, n'étaient point encore assez parfaites. L'on pensait alors que ces anses étaient formées par une suite de petites planètes, placées si près les unes des autres, que l'on ne pouvait pas distinguer l'intervalle qui les séparait. Aujourd'hui, avec les instrumens que nous avons, il est facile de reconnaître que Saturne est un corps sphérique (*fig.* 24e) enfermé dans un autre corps de forme annulaire, au centre duquel il se trouve placé. Cet anneau est suspendu tout autour de Saturne, et probablement au dessus de son équateur, sans avoir besoin de soutien, et seulement par la tendance simultanée de toutes ses parties vers le centre commun. L'on comprend que, quoiqu'elles fussent toutes sollicitées à tomber comme les voussoirs d'une arcade, aucune ne tomberait cependant, parce qu'elles se soutiendraient toutes mutuellement. Ceci suppose que cet anneau est un corps solide : et l'on ne peut pas en douter, puisqu'il réfléchit la lumière, comme le fait la planète elle-même ; et que dans certaines circonstances, il jette sur le disque de Saturne un trait obscur, qui est

visiblement l'ombre de cet anneau. Cette observation détruit entièrement le systême de ceux qui l'ont regardé comme un amas de vapeurs, comme un météore qui avait lieu constamment dans l'atmosphère de cette planète.

L'anneau de Saturne est donc un corps solide, ayant beaucoup plus de largeur que d'épaisseur. Herschel a même reconnu que cet anneau est double, et que les deux parties dont il est composé, sont placées l'une au dessus de l'autre, laissant entre elles un intervalle, par lequel on découvre le ciel au delà, comme il est représenté par la figure 24e. Le même astronome a aussi découvert assez récemment quelques taches sur la surface de cet anneau, au moyen desquelles il s'est assuré qu'il avait un mouvement de rotation suivant son plan, et qu'il achevait une révolution en 10h 32'. M. de Laplace avait prouvé avant cette dernière découverte, que si l'anneau de Saturne tournait sur lui-même en 10 heures de temps, la force centrifuge résultante de cette rotation, serait suffisante pour en soutenir toutes les parties, quand même elles ne seraient pas étroitement liées entre elles, et qu'elles ne seraient pas ainsi soutenues au dessus de la planète, par la raison apportée plus haut.

L'anneau de Saturne disparaît en certaines circonstances : (Herschel néanmoins le voit encore dans le premier et le troisième cas) : 1° Quand le

plan de l'anneau passe par la terre : car nous ne pouvons voir alors que son épaisseur, laquelle n'est pas assez grande pour pouvoir être apperçue à la distance où il est. 2° Lorsque son plan prolongé passe entre nous et le soleil : car dans ce cas, c'est la face supérieure de l'anneau qui est éclairée, et c'est la surface inférieure qui est tournée de notre côté : 3° Enfin lorsque le même plan passe par le centre du soleil : l'anneau n'est alors éclairé que sur sa tranche, et ses deux surfaces sont l'une et l'autre dans l'obscurité ; mais l'on a déjà observé que cette tranche est si mince, qu'elle ne peut être vue de la terre. C'est dans ce dernier cas que l'on apperçoit un trait noir sur le disque de Saturne, lequel trait n'est autre chose que l'ombre de l'anneau projettée sur la planète. Les différentes circonstances dans lesquelles cet anneau cesse d'être visible, sont si bien connues aujourd'hui, que les astronomes annoncent d'avance dans quel temps on cessera de le voir, et à quelle époque il commencera à reparaître.

Les planètes sont, comme on a vu, beaucoup plus près de nous que les étoiles. Mais y aurait-il moyen de connaître à quelle distance elles sont placées ? On a fait voir comment la parallaxe horisontale d'un astre étant connue, l'on pouvait en conclure la distance réelle de cet astre à la terre exprimée en lieues. Si donc les planètes ont une parallaxe horisontale sensible, il sera possible de

mesurer leur distance, comme nous avons mesuré celle qui s'étend d'ici au soleil. Mais de toutes les planètes, Mars et Vénus sont les seules, dont on ait pu avoir la parallaxe horisontale. Celle de Mars a été trouvée de 24 secondes par Lacaille; et celle de Vénus de 37. Mais ces quantités varient, parce que ces planètes ne sont pas toujours également éloignées de la terre. Mars et Vénus sont donc les seules planètes dont on puisse avoir directement la distance par cette voie. La plus grande parallaxe de Mars a été trouvée de 27^s et 46 tierces; sa moindre distance à la terre est donc de 7429 diamètres terrestres. La parallaxe de Vénus étant supposée de 37 secondes, sa distance est dans ce cas de 5572 diamètres de la terre.

Mais il y a encore d'autres moyens de trouver les distances des planètes : une des fameuses lois astronomiques découvertes pas Kepler, et dont il sera bientôt question, donne toutes ces distances au moyen d'un calcul fort simple. Nous les placerons ici telles qu'on les déduit de la loi de Kepler, et exprimées en lieues communes de 25 au degré. La distance moyenne de Mars est donc de 52,966,122 lieues; celle de Jupiter de 180,794,791; de Saturne, de 331,604,504; et enfin celle de Herschel, d'environ 656 millions de lieues. Les distances de Mercure et de Vénus sont les mêmes que celles du soleil, par la raison qu'on verra tout-à-l'heure. Remarquez qu'il ne s'agit ici que des dis-

tances moyennes : car toutes ces planètes sont tantôt plus, tantôt moins éloignées de la terre ; et il peut même y avoir à cet égard de très-grandes inégalités.

Les distances étant une fois connues, il est facile de déterminer la grosseur réelle des planètes, comme on a fait celle du soleil, au moyen de leur diamètre apparent. Le diamètre moyen de Mercure a été trouvé de 7 secondes; celui de Vénus, de 16^s et demie ; celui de Mars, de 11^s et un tiers ; celui de Jupiter, de 3^m 15^s et deux tiers ; celui de Saturne, de 2^m 51^s et deux tiers ; et celui de son anneau, de 6_m 40^s et demie ; et enfin celui de Herschel, de 1^m 17 secondes à peu près. Dans la détermination de ces diamètres apparents, on suppose que toutes ces planètes sont vues à la même distance, à la distance du soleil : c'est-à-dire donc que Jupiter placé à 35 millions de lieues de la terre, nous paraîtrait occuper dans le ciel un espace de plus de 3 minutes ; tandis qu'à la distance où il est réellement, son véritable diamètre apparent n'est que de 37 secondes. On se rappelle que le diamètre de la terre ne serait que de 17 secondes, dans un éloignement égal à celui du soleil.

Si à présent, d'après ces données, et en fesant attention que les 17 secondes du diamètre terrestre valent 2865 lieues, on cherche la valeur en lieues des diamètres des planètes, on trouvera pour celui de Mercure, 1180 lieues ; 2785, pour

celui de Vénus; pour celui de Mars, 1921; pour le diamètre de Jupiter, 32,644; pour celui de Saturne, 28,936; pour le diamètre de son anneau, 67,518 lieues. La largeur de la surface de cet anneau est à peu près le tiers du diamètre de Saturne, de même que sa distance à cette planète. On estime le diamètre de Herschel d'environ 13,000 lieues. Les dernières observations du célèbre astronome de ce nom, donnent des résultats un peu différents pour Saturne et ses deux anneaux: mais la chose est de peu d'importance; et l'on voit assez qu'il n'est guere possible d'obtenir jamais une mesure bien exacte de ces corps si éloignés de nous. Il suit de-là, en comparant les grosseurs de ces planètes à celle de la terre, que Mercure n'est que les 7 centièmes de notre globe; que Vénus en est les 11 douzièmes; que Mars n'en est que les 3 dixièmes; que Jupiter est 1479 fois aussi gros: Saturne, 1030 fois; et Herschel seulement 93 fois. Voilà donc encore dans la nature des corps beaucoup plus volumineux que notre terre, autour de laquelle nous avons fait cependant tourner en un an la masse 1400 mille fois plus grosse du soleil. Mais nous allons être bientôt détrompés de cette vieille erreur.

En parlant du diamètre des planètes évalué en minutes et secondes de degré, il est à propos de faire connaître l'instrument dont les astronomes font usage, pour avoir avec toute la précision possible,

sible des quantités trop petites pour pouvoir être mesurées avec la même exactitude par les autres moyens connus. Au foyer intérieur d'une lunette, sont placés deux fils parallèles entr'eux, dont l'un est fixe, et l'autre peut avancer ou reculer toujours parallèlement à lui-même, au moyen d'une vis. Quand on veut donc mesurer le diamêtre d'une planète, on met l'un des bords de l'astre en contact avec le premier fil, et l'on fait marcher l'autre, jusqu'à ce qu'il touche le bord opposé; l'intervalle des deux fils embrasse donc alors le diamètre de la planète, et lui est parfaitement égal. Mais l'on sait d'un autre côté quelle est la valeur de cet intervalle en minutes et secondes de degré; le diamètre cherché est donc aussi connu. Il faut observer que lorsqu'on fait mouvoir le fil mobile par le moyen de la vis, l'on peut toujours savoir quel est le chemin qu'on lui a fait faire, parce que la vis porte à son extrêmité extérieure une aiguille qui tourne avec elle, et qui indique sur un cercle gradué, de combien la vis a avancé L'instrument qu'on vient de décrire, s'appelle un *micrometre.*

Ce qui nous a servi le plus à reconnaître les planètes dans le ciel, c'est leur changement de place, et leur diverse situation par rapport aux étoiles. Considérons donc ce mouvement qui leur est propre; (car il est inutile de nous arrêter au mouvement commun qui résulte de la rotation de

la terre sur son axe :) et voyons d'abord dans quel sens il se fait. On pourrait rapporter la position d'une planète dans le ciel à l'équateur, et alors cette position serait connue dès qu'on aurait la déclinaison et l'ascension droite. Mais on a jugé plus convenable et plus commode de comparer les planètes à l'écliptique, et l'on détermine leur lieu dans le ciel par le moyen de la latitude et de la longitude.

La latitude céleste est la distance à l'écliptique, et la longitude est la distance au premier degré du bélier, comptée sur le même cercle. On imagine aussi pour l'écliptique, comme on a fait pour l'équateur, des cercles qui passent par ses poles, et qui lui sont par conséquent perpendiculaires : on les appelle *cercles de latitude*, parce qu'ils servent à mesurer la latitude des astres. Cette latitude est exprimée par la portion du cercle qui passe par l'astre, comprise entre cet astre et l'écliptique. Il y a une latitude boréale et une latitude australe; la première pour les astres qui sont dans la moitié du ciel où est situé le pole boréal de l'écliptique, et l'autre pour ceux qui sont dans la moitié opposée : c'est ici l'écliptique qui fait la séparation de ces deux moitiés ; de façon qu'un astre peut être dans l'hémisphère boréal, et avoir une latitude australe, et réciproquement. La latitude est nulle pour un astre qui est dans l'écliptique même : ainsi il n'y a point de latitude pour le soleil qui ne quitte jamais ce cercle. La latitude va en croissant à pro-

portion qu'un astre est plus éloigné de l'écliptique, depuis 0 jusqu'à 90 degrés de part et d'autre. Elle est de cette dernière quantité, ou la plus grande possible, pour un astre qui serait placé au pole même de l'écliptique.

La longitude d'un astre est la portion de l'écliptique comprise entre le premier degré du bélier, et le point de ce cercle qui répond perpendiculairement au centre de l'astre. La longitude se compte toujours dans le même sens en allant d'occident en orient, depuis 0 jusqu'à 360 degrés. On ne peut avoir la longitude et la latitude que par le calcul. La raison en est, que les différentes portions de l'écliptique prenant à chaque instant des positions différentes à l'égard de l'horison, parce que le mouvement journalier se fait dans le sens de l'équateur, l'observation seule ne saurait nous faire connaître la position d'un astre à l'égard d'un cercle dont la situation varie continuellement. On déduit donc la longitude et la latitude de l'ascension droite et de la déclinaison, que l'on peut toujours facilement observer.

Dans la figure 25e, si l'on conçoit que *E D* est une portion de l'équateur, et *E B C* une partie de l'écliptique, Le point *E* étant le point équinoxial du printemps, ou le premier degré du bélier, et la longitude comme l'ascension droite, comme se comptant de droite à gauche, alors pour un astre placé en *S*, la déclinaison sera *A S*, et l'ascension

droite *A E* : la latitude sera indiquée par *B S*, et *E B* exprimera la longitude. Or par le moyen de *A S* et de *A E*, que l'on a toujours par l'observation, l'on peut déterminer *B S* et *B E*, ou la latitude et la longitude.

On connaît la position d'une planète dans le ciel, quand on a sa latitude et sa longitude. Mais en cherchant la latitude d'une même planète en différents temps, on trouve qu'elle est tantôt australe, et tantôt boréale ; c'est-à-dire, que la planète est quelquefois au nord, et quelquefois au sud de l'écliptique ; qu'elle traverse le plan de l'écliptique par son mouvement propre ; et qu'elle revient au point du ciel où elle était d'abord, au bout d'un temps déterminé. On remarque en second lieu que cette latitude est toujours assez petite : ce qui prouve que les planètes ne s'écartent jamais beaucoup de l'écliptique. Celle qui s'en éloigne le plus, qui est Mercure, n'en est jamais à plus de 7 degrés, ou 7^d et demi. Si l'on prend donc de part et d'autre de l'écliptique, une partie du ciel large de 7 à 8 degrés, l'on aura ainsi une zone de 14 à 16 degrés de largeur, dans laquelle les planètes demeurent toujours sans jamais en sortir. Cette zone, que l'on appelle le *zodiaque*, renfermera les orbites de toutes ces planètes, et sera divisée en douze signes, comme l'écliptique qui en occupe le milieu. (z)

On observe encore que le mouvement des pla-

nètes se fait, comme celui du soleil, d'occident en orient, ou suivant l'ordre des signes : car leur longitude, qui se compte dans ce sens-là, va toujours en augmentant, depuis qu'elles ont quitté le premier degré du bélier, jusqu'à ce qu'elles y soient revenues. Il y a pourtant à ce sujet quelques exceptions dont il va être bientôt parlé. Voilà donc six astres très-différents des étoiles fixes par leur nature, et par leur mobilité, qui ont chacun, comme le soleil, un mouvement propre qui les transporte continuellement dans l'espace. Toutes ces planètes marchent constamment dans le même sens : leurs orbites traversent toutes l'écliptique, et sont en partie élevées au dessus de ce cercle, et en partie abaissées au dessous : leurs révolutions se font toutes dans une zone du ciel assez étroite, et pour ainsi dire, dans le même plan. Sans doute il existe une cause première de cette uniformité ; mais cette cause nous est encore parfaitement inconnue, et le système de M. de Buffon à ce sujet est loin de pouvoir satisfaire un esprit raisonnable.

Si l'on suit une planète depuis le moment où elle a quitté un certain point du ciel, jusqu'à ce qu'elle y soit revenue, on remarquera dans son mouvement des bisarreries frappantes. On la verra quelquefois avancer d'un pas assez égal, et d'autres fois accélérer ou retarder singulièrement sa marche. Dans certaines circonstances, elle paraîtra s'être fixée, et demeurera assez long-temps à la

même place dans le ciel. Mais ce qui surprendra davantage, c'est qu'on la verra même quelquefois revenir sur ses pas, et marcher contre l'ordre des signes d'orient en occident. En observant la même planète pendant plusieurs révolutions, on s'assurera que ces inégalités et ces variations ont pourtant une certaine régularité, et paraissent dépendre de la situation respective de la terre et de la planète.

L'explication de ces inégalités dans le mouvement des planètes, a été long-temps un objet de recherches pour les astronomes. Ptolémée imagina pour en rendre raison, que ces astres, qu'il supposait faire leurs révolutions autour de la terre, parcouraient une courbe semblable à celle que décrit un point de la circonférence d'une roue, quand la roue est en mouvement sur son essieu, et qu'elle roule sur une surface convèxe. Il supposait donc que la planète décrivait un cercle autour d'un centre, qui était lui-même en mouvement autour de la terre. On voit ceci dans la figure 26e. *P* est la planète; *P A D B*, le cercle qu'elle décrit, appelé *épicycle*; *A Q R B* est un autre cercle décrit par le centre du premier autour de la terre *T*.

Au moyen de cette supposition, et de plusieurs autres qu'il est inutile de détailler ici, Ptolémée rendait raison des accélérations et des rallentissemens observés dans la vîtesse des planètes, et de

leurs autres inégalités. Par exemple, elles paraissaient accélérer leur mouvement, quand elles allaient dans le même sens que le centre de leur épicycle; qu'elles marchaient de *P* en *A*, tandis que le centre de l'épicycle avançait de *C* en *A*: car dans ce cas, leur vîtesse propre était augmentée de toute celle du cercle qui les portait. Elles paraissaient au contraire rallentir leur marche, quand elles allaient dans un sens opposé, qu'elles se trouvaient dans la partie inférieure *A D* de leur épicycle; parce qu'alors leur vîtesse apparente n'était plus que la différence des deux vîtesses. Dans ce dernier cas, la planète était rétrograde, quand sa vîtesse propre de *A* en *D* était supérieure à celle du centre *C*; c'est-à-dire qu'alors elle semblait aller en sens contraire, et marcher contre l'ordre des signes, quoique son mouvement se fît toujours dans le même sens. Enfin les planètes paraissaient stationnaires quand elles étaient sur l'alignement *A T*, et qu'elles se trouvaient ainsi pendant quelque temps sur la direction du même rayon tiré de la planète à la terre: il est clair que dans ce cas, l'astre sera vu toujours répondre au même point du ciel; qu'il paraîtra y séjourner, sans avancer ni reculer.

Telle était la manière dont Ptolémée expliquait les principales circonstances du mouvement des planètes. Mais il s'en faut de beaucoup que cette explication, qui paraît plausible au premier coup-

d'œil, soit également satisfaisante, lorsqu'on veut l'approfondir et en faire l'application en détail. Ptolémée était obligé alors d'étayer son systême par de nouvelles suppositions, et de le rendre ainsi plus compliqué, quoiqu'il le fût déjà beaucoup. Son embarras venait de ce qu'il partait d'un principe absolument faux. Il supposait que la terre était le centre de tous les mouvemens célestes. A la vérité quoique plusieurs philosophes eussent rejeté cette idée, et qu'ils eussent avec plus de raison assigné cette place au soleil, l'on peut dire néanmoins que la croyance de Ptolémée à cet égard était alors la croyance générale. On ne concevait pas de son temps que la chose pût être autrement. Le centre de l'univers semblait appartenir de droit à notre terre : il paraissait être le lieu le plus convenable, pour une masse qui nous semble si lourde, et si peu propre au mouvement. Nous savons à présent à quoi nous en tenir sur cette prodigieuse grosseur du globe terrestre. Nous pourrons donc, sans paraître trop hardis, soupçonner que c'est la masse énorme du soleil qui occupe ce poste honorable ; que cet astre est le centre autour duquel se meuvent les planètes ; et que le mouvement ne nous paraît si bizarre, que parce que nous ne sommes pas placés convenablement pour le juger tel qu'il est. Cherchons à nous assurer de la vérité à cet égard.

L'on a observé plus haut que les parallaxes de

Mars et de Vénus, les seules que l'on ait pu avoir, sont très-variables : ce qui prouve que les distances de ces planètes à la terre sont également sujettes à beaucoup d'inégalités. Il y a même une très-grande disproportion dans ces distances. Mars n'est quelquefois éloigné de nous que de 19 millions de lieues, et d'autres fois il en est à plus de 87 millions : aussi est-il aisé de remarquer de grandes variations dans son diamètre apparent. Il en est à peu près de même de Mercure et de Vénus. Les distances de Mercure à la terre peuvent varier depuis 20 millions de lieues, jusqu'à 48 ; et celles de Vénus, depuis 10 millions jusqu'à 60. Cette première observation nous conduit à penser qu'il est peu probable que la terre soit le centre du mouvement de ces planètes, et nous fait présumer que c'est autour d'un autre point qu'elles font leur révolution. Mais de plus, Mercure et Vénus accompagnent toujours le soleil, et paraissent constamment, lorsqu'elles sont visibles, dans la même partie du ciel que cet astre. Mercure s'en éloigne rarement assez pour pouvoir être apperçu ; et Vénus ne s'en écarte jamais plus que de 45 degrés. Or si ces planètes tournaient autour de la terre, on devrait quelquefois les voir dans une partie du ciel, tandis que le soleil serait dans la partie opposée : la terre devrait quelquefois se trouver entre elles et le soleil. Mais cela n'arrive jamais. Donc il n'est point vrai que la terre soit au centre de leurs orbites.

Enfin les deux planètes dont il est ici question, se montrent quelquefois à nous sous des formes remarquables, et qui prouvent que c'est autour du soleil qu'elles font leur révolution. Dans certaines circonstances elles paraissent avoir une figure parfaitement circulaire ; et d'autres fois cette figure se trouve altérée : leur disque est échancré : Vénus et Mercure n'offrent plus qu'un croissant semblable à celui de la Lune. Il arrive encore deux fois dans chaque révolution, que nous les perdons totalement de vue, pour un temps plus ou moins long ; mais dans une de ces disparutions, elles conservent leur forme ronde, jusqu'au moment où on cesse de les voir : dans l'autre au contraire, leur surface devient de plus en plus étroite ; leur croissant perd toujours plus de sa largeur, jusqu'à ce qu'elles se plongent tout-à-fait dans les rayons du soleil. Dans ce dernier cas il arrive quelquefois, ainsi qu'on l'a déjà observé, qu'on les apperçoit sur le disque solaire, comme de petites taches noires et parfaitement rondes. Il est évident, d'après tous ces faits, que ces deux planètes se trouvent tantôt au-delà, tantôt en-deçà du soleil par rapport à nous ; que leur forme nous paraît circulaire, quand nous pouvons voir toute leur moitié éclairée ; et qu'elle prend l'apparence d'un croissant, quand il n'y a qu'une partie de cette surface éclairée qui soit visible pour nous. Concluons donc de tout cela,

que ce n'est point autour de la terre que ces planètes se meuvent ; mais que c'est le soleil qui est le centre de leur mouvement.

Il en est de même de Mars. Ses distances à la terre varient d'une si grande quantité, comme on l'a dit, qu'il ne peut pas se faire que nous soyons au centre de sa révolution. Ajoutez à cela que Mars a aussi des *phases*, ou des changemens de forme, comme Mercure et Vénus : mais ils sont moins sensibles, parce qu'il embrasse la terre dans son orbite, et qu'il ne peut jamais par conséquent se trouver entre nous et le soleil.

Voilà donc déjà trois planètes qui très-certainement ne font point leurs révolutions autour du globe terrestre. Sans doute qu'il en est de même des autres : du moins l'analogie nous autorise à le conclure., et tout ce qui nous reste encore à voir sur le mouvement de ces astres, ne nous laissera aucun doute à cet égard. D'ailleurs ce serait bien en vain que ces globes tourneraient autour de la terre, qui ne peut leur être d'aucune utilité, qui même pourrait à peine être apperçue à la distance de Jupiter, et qui serait certainement inconnue à celle de Saturne et de Herschel. C'est donc le soleil, et non la terre, qui est le centre de toutes les orbites planétaires. Mais cette vérité reconnue donne lieu à une réflexion importante. Des masses énormes, telles que Jupiter et Saturne, outre un mouvement de rotation sur leur axe, analogue au mouvement

diurne de la terre, ont encore un autre mouvement qui les transporte dans l'espace autour du soleil, comme pour se présenter sous différents aspects aux rayons bienfaisants de cet astre; et la terre qui est 12 à 15 cents fois plus petite, sera seule immobile à la même place, exigeant que le soleil, dont la masse surpasse infiniment, non pas seulement celle du globe terrestre, mais celle de toutes les planètes réunies, circule autour d'elle, et parcoure en un an une circonférence de 35 millions de lieues de rayon, emportant avec lui tous les globes planétaires dont on vient de parler. Cette prétention doit sans doute paraître bien peu fondée, et absolument contraire à l'idée que nous avons de la sagesse et de la simplicité de la Nature. Il y a entre les planètes et la terre la plus entière ressemblance : notre globe vu de loin, doit offrir les mêmes apparences. La terre et les planètes sont également obscures par elles-mêmes; elles sont douées de la même forme: elles sont soumises au même mouvement de rotation. Egalement dépendantes du soleil, elles reçoivent toutes de cet astre les bienfaits de la lumière et de la chaleur. Mais toutes les planètes que nous connaissons sont en mouvement dans l'espace : elles reconnaissent toutes le soleil pour le centre de leurs révolutions. Il faut donc que la terre, qui a avec elles tant de rapports de ressemblance, se meuve de la même manière, et tourne comme elles autour de cet astre.

Nous avions cru jusqu'à présent que la terre était en repos, et que le soleil parcourait en un an autour d'elle, tous les signes de l'écliptique. Il nous semblait en effet que cet astre avançait tous les jours dans le ciel d'environ un degré, et nous le voyions répondre successivement à différentes étoiles. Mais ce mouvement du soleil n'était qu'une apparence; et nous ne ferons à présent aucune difficulté de restituer à cet astre son immobilité réelle au centre de notre monde, et de faire marcher la terre, comme les autres planètes, autour de ce centre commun. Ce sera donc la terre qui parcourra l'écliptique, et dans le même sens que le soleil semblait le faire, c'est-à-dire, d'occident en orient. Car il est clair que si nous étions placés sur le bord d'une grande plaine, au milieu de laquelle fût élevé un objet bien visible, comme serait un grand arbre, il est clair, dis-je, qu'à mesure que nous avancerions sur la circonférence dans un sens, cet objet nous paraîtrait avancer sur l'autre partie de la circonférence, et dans le même sens que nous. Ainsi quand le soleil paraît être au signe du bélier, c'est que la terre est réellement au signe de la balance; et c'est-là le lieu du ciel où la verrait un observateur placé dans le soleil. Si cet astre nous semble passer du bélier dans le taureau, c'est la terre qui va réellement de la balance dans le scorpion; et ainsi de suite.

Dans la figure 27e, *T* est la terre; *S* le soleil, qui

vu de la terre, répond toujours au point du ciel diamétralement opposé à celui où est la terre elle-même. Le soleil paraît donc ici au signe du cancer. Si l'on conçoit que la terre marche dans le sens TR, il nous paraîtra que le soleil aura avancé du cancer dans le lion ; et nous verrons cet astre parcourir ainsi tous les signes de l'écliptique, tandis que ce sera réellement notre globe qui les aura parcourus successivement par son mouvement propre. Il est donc évident que toutes les circonstances du mouvement apparent du soleil expliquées ci-dessus, dans la supposition que la terre était en repos, s'expliquent également bien et de la même manière, quand on remet les choses dans leur état naturel, et que l'on fait mouvoir la terre autour du soleil. Aucun phénomène céleste ne peut donc nous empêcher d'admettre un fait qui s'accorde si bien avec eux, qui simplifie le système du monde, et le rend plus digne de la souveraine sagesse de son Auteur.

Nous avons donc actuellement sept planètes qui circulent autour du soleil, et sont placées dans l'ordre suivant, en commençant par celle qui est le plus près du centre : Mercure, Vénus, la Terre, Mars, Jupiter, Saturne et Herschel. Voici dans le même ordre les signes par lesquels on les désigne : ☿, ♀, ♁, ♂, ♃, ♄, ♅. Toutes ces planètes ont un mouvement de rotation, dont la durée est plus ou moins longue : du moins ce mouvement est-il connu dans Vénus, la Terre,

Mars, Jupiter, Saturne et son anneau (z*). Ce mouvement de rotation fait que ces planètes ont toutes, comme la terre, des poles et un équateur, dont le plan est diversement incliné sur celui de leur révolution autour du soleil. On a reconnu que l'équateur de Jupiter n'était guère incliné que de 2 ou 3 degrés sur le plan de son orbite. Ainsi le soleil, pour cette planète, doit paraître marcher dans un plan presque parallèle à l'équateur, et faire sa révolution annuelle à peu près dans le même sens que sa révolution diurne. Au reste, le soleil, comme on a vu, a aussi son équateur qui est incliné sur l'écliptique de 7 degrés et deux tiers : son nœud ascendant est vers le 8e degré de gemeaux, et son pole austral répond au 8e degré de la vierge.

Le mouvement de rotation des planètes est encore cause que le soleil et tous les astres doivent paraître se lever et se coucher pour elles, comme cela a lieu pour la terre ; qu'il doit y avoir sur leur globe, comme sur le nôtre, des alternatives de jour et de nuit ; en un mot, qu'on doit y voir tous les phénomènes auxquels ce mouvement donne lieu sur la terre.

Mais de plus, toutes ces planètes sont emportées autour du soleil et dans le même sens, avec des vitesses plus ou moins grandes, suivant leurs distances à cet astre. Mercure fait une révolution entière dans le ciel en 87j 23h 14m 26s ; Vénus,

en 224^{j} 16^{h} 41^{m} 32^{s} ; la Terre, en 365^{j} 5^{h} 48^{m} 45^{s} ; Mars, en 1^{an} 321^{j} 22^{h} 18^{m} 97^{s} ; Jupiter, en 11^{a} 315^{j} 8^{h} 58^{m} 27^{s} ; Saturne, en 29^{a} 164^{j} 7^{h} 21^{m} 50^{s} ; Herschel enfin, en 83 ans environ : on ne peut pas avoir encore avec la même précision, la durée de la révolution d'une planète qui n'est connue que depuis quelques années, et à qui il faut plus de 80 ans pour achever un tour entier autour du soleil. On dit communément, lorsqu'on n'a pas besoin d'une très-grande exactitude, que Mercure fait sa révolution en 3 mois, Vénus en 7 mois et demi, la Terre en un an, Mars en 2 ans, Jupiter en 12 ans, et Saturne en 30. Les révolutions dont nous parlons ici, s'appellent *révolutions périodiques* des planètes ; c'est le temps qu'il leur faut pour revenir au point du ciel qu'elles avaient quitté. La durée de la révolution d'une planète se connaît par l'observation. C'est en comparant les anciennes observations avec les modernes, que l'on est venu à bout de trouver la durée de leurs révolutions avec tant de précision.

Les temps périodiques des planètes, et leurs distances à l'astre central, ont entre eux un rapport, que le génie heureux et sublime de Kepler parvint à découvrir. D'autres avaient sans doute observé avant lui, que les planètes employaient plus de temps à tourner autour du soleil, à mesure qu'elles étaient plus éloignées de cet astre. Mais Kepler le premier, persuadé que rien dans

la

la nature ne se fesait au hazard, et que tout y avait été combiné avec une sagesse infiniment grande, s'avisa de soupçonner que les vîtesses des planètes, et leurs distances au soleil, gardaient entre elles un rapport constant qu'il fallait découvrir. Il se mit donc à comparer de differentes manières les révolutions et les distances connues de quelques planètes ; et après beaucoup de tentatives infructueuses, après avoir désespéré même une fois du succès de ses recherches, il eut enfin la gloire de trouver ce rapport, dont il avait soupçonné l'existence. Il reconnut donc que *les quarrés des temps périodiques étaient entre eux comme les cubes des distances* : ce qui veut dire que si l'on multiplie par eux-mêmes les temps périodiques de deux planètes, et que l'on multiplie aussi deux fois leurs distances par elles-mêmes, il y aura entre les deux premiers produits, le même rapport qu'entre les deux derniers.

Le *quarré* d'un nombre est le produit de ce nombre multiplié par lui-même : 4 est le quarré de 2 ; 9, le quarré de 3 ; 16, celui de 4, etc. La *racine quarrée* est le nombre qui a produit le quarré : 2 est la racine quarrée de 4 ; 3, celle de 9 ; 4, celle 16, etc. Le *cube* d'un nombre, c'est le produit de ce nombre multiplié deux fois par lui-même. 8 est le cube de 2 ; 27, celui de 3 ; 64, celui de 4, etc. La *racine cubique* est le nombre qui a produit le cube. 2 est la racine cubique de 8 ; 3, celle de 27 ; 4, celle de 64, etc.

Au moyen du rapport découvert par Kepler, qui est une des fameuses lois astronomiques dues au génie de ce grand homme, l'on peut trouver la distance d'une planète au soleil, lorsqu'on sait la durée de sa révolution périodique, et que d'ailleurs on connaît aussi le temps périodique et la distance d'une autre planète. Ainsi pour en donner un exemple, la terre achève sa révolution en un an : Saturne fait la sienne en 30 ans. Les temps périodiques de ces deux planètes sont donc 1 et 30 : les quarrés de ces temps seront 1 et 900. Or c'est là justement le rapport qu'il y a aussi entre les cubes de leurs distances au soleil, d'après la loi exposée ci-dessus. Il n'y a donc plus qu'à trouver la racine cubique de 1, et celle de 900 : la première est 1 ; et la dernière est 9, et près de 7 dixièmes. Tel est, donc le rapport qu'il y a entre les distances de la terre et de Saturne au soleil : c'est-à-dire donc que Saturne est presque dix fois aussi éloigné de cet astre que l'est le globe terrestre : cette distance est comme on l'a vu plus haut, d'environ 330 millions de lieues. C'est par la même méthode qu'on a trouvé celle de Herschel, de 656 millions de lieues, la durée de sa révolution étant de 83 ans.

La loi que l'on vient de faire connaître donne donc directement les distances moyennes des planètes au soleil. Nous disons moyennes, parce que les planètes sont quelquefois plus loin, et quelquefois plus près de cet astre. Ces distances moyennes

pour les planètes supérieures, c'est-à-dire, qui sont plus éloignées du soleil que nous, Mars, Jupiter, Saturne et Herschel, sont les mêmes que leurs distances moyennes à la terre, que l'on a données ci-dessus ; parce qu'en embrassant l'orbite terrestre dans leurs révolutions, si elles sont quelquefois plus près ou plus loin de nous que du soleil, le terme moyen de ces distances extrêmes doit cependant être toujours le même pour la terre comme pour le soleil. Ceci ne peut point avoir lieu pour les planètes inférieures, Mercure et Vénus. Leur distance moyenne au soleil ne peut pas être la même que leur distance moyenne à la terre. Celle-ci, est, comme il est évident, égale pour l'une et pour l'autre, à la distance de la terre au soleil, puisqu'elles sont tantôt au-delà, tantôt en-deçà de cet astre, par rapport à nous ; et l'autre, c'est-à-dire, la moyenne distance de ces planètes au soleil est pour Mercure d'environ 14 millions de lieues, et pour Vénus, de 24 millions et demi. Les distances moyennes des sept planètes au soleil, en suivant leur ordre naturel, et commençant par Mercure, sont à peu près exprimées par les nombres suivants : 4, 7, 10, 15, 52, 95, 190. On aurait ces quantités en lieues, en se rappelant que le nombre 10 qui est la distance de la terre au soleil, vaut environ 35 millions de lieues.

Nous avons reconnu que toutes les planètes, la

terre comprise, circulaient autour du soleil. Nous savons dans quel ordre elles sont placées, et quel temps il leur faut pour faire une révolution dans leur orbite. Tâchons de découvrir à présent quelle est l'espèce de courbe qu'elles suivent dans le ciel. La distance des planètes au soleil n'est pas toujours la même, comme on vient de dire : c'est-là un fait que Mars, Mercure et Vénus ont fait d'abord connaître. C'est bien certainement autour du soleil que ces planètes se meuvent ; mais le soleil n'est pas tout-à-fait au centre de leurs orbites ; et ceci ne doit pas surprendre, puisque nous avons déjà reconnu que la terre n'est pas toujours à égale distance du soleil ; et qu'ainsi cet astre n'est point au centre de la courbe que la terre parcourt en un an. D'où peut donc venir cette espèce d'irrégularité? Kepler soupçonnant que les orbites des planètes n'étaient point circulaires, comme on l'avait supposé jusqu'alors, se mit, pour vérifier son soupçon, à suivre la planète de Mars, et à observer, pour différents points de son orbite, sa distance au soleil. Il trouva que cette distance était sujette à varier, et qu'elle était en certaines circonstances, moindre qu'elle n'aurait dû être, si la planète avait parcouru un cercle. Il reconnut ainsi que l'orbite de Mars était applatie en deux endroits diamétralement opposés ; que ce n'était point un cercle, mais une ellipse, et que le soleil n'était point placé au centre, mais à l'un des foyers de cette

courbe. On voit une ellipse dans la figure 28[e], les foyers sont les deux points *F* et *S* pris sur le grand axe *A a*. Ces deux points ont cela de remarquable que la somme de deux lignes tirées de chacun des foyers à un même point de la courbe, est toujours la même, et égale au grand axe : ce qui fournit un moyen de décrire une ellipse par un mouvement continu. On prend un fil qu'on fixe par ses deux extrêmités en deux points *F* et *S*, dont la distance doit être moindre que la longueur du fil ; ensuite le tenant tendu sur un même plan avec un crayon, par exemple, on fait mouvoir le crayon le long du fil, et la courbe tracée par ce moyen est une ellipse.

C'est donc dans des courbes de cette nature que les planètes font leurs révolutions autour du soleil ; et cet astre est placé, non pas au centre *C* de la courbe, mais à un des foyers, en *S* par exemple. Il résulte de là que les planètes dans leur mouvement doivent s'approcher et s'éloigner alternativement du soleil, et que les variations observées dans leurs distances à cet astre, tiennent essentiellement à la forme de leurs orbites, et à la position du soleil hors du centre de ces orbites. Cette découverte de Kepler est encore une des lois astronomiques dues au génie de ce grand homme.

Les orbites planétaires sont toutes elliptiques ; mais elles ne sont pas toutes également applaties,

et la distance des foyers *F* et *S* n'est pas la même dans toutes. Dans les unes, le soleil est plus près du centre *C* : dans d'autres, il en est plus éloigné. Cette distance du soleil au centre de l'ellipse s'appelle *excentricité.* La distance de la terre au soleil étant supposée exprimée par le nombre 100,000, l'excentricité de l'orbite de Mercure sera de 7960 ;celle de Vénus, de 510 ; celle de la Terre, de 1680 ; celle de Mars, de 14,208 ; celle de Jupiter, de 25,277 ; celle de Saturne, de 53,210. On pourrait avoir les mêmes valeurs en lieues, puisqu'on sait que cette distance de la terre au soleil, qui est représentée par le nombre 100,000, est de 34 à 35 millions de lieues.

En comparant ces excentricités aux diamètres des orbites des planètes, on reconnaît que l'orbite de Vénus est celle qui diffère le moins du cercle : car sa distance moyenne au soleil, ou le rayon de son orbite est de 25 millions de lieues, et son excentricité n'est que de 170 mille environ ; c'est-à-dire, qu'elle n'est que la 150e partie à peu près du rayon. L'orbite de Mercure est au contraire celle qui est la plus applatie, et qui s'éloigne le plus de la forme circulaire. Sa distance moyenne au soleil n'est que de 13 à 14 millions de lieues, ou environ la moitié de celle de Vénus, et son excentricité est près de 16 fois plus grande, puisqu'elle est de 2720 mille lieues : elle est ainsi plus de la sixième partie du rayon. Les moin-

dres distances de Mercure à la Terre doivent donc varier beaucoup plus que celles de Vénus. Celles-ci peuvent être plus ou moins grandes de 340 mille lieues seulement ; et celles de Mercure peuvent varier de près de 5 millions et demi de lieues. Cette différence dans les moindres distances, dépend de la position des orbites, relativement à la terre : la distance entre la Terre et Mercure ou Vénus, est la plus petite possible, lorsque la planète est autant éloignée qu'il se peut du soleil ; et que la terre supposée sur la même ligne et du même côté, est au contraire à la plus grande proximité de cet astre. Au reste, à présent qu'on a les excentricités des planètes, et leurs distances moyennes au soleil, il est facile de trouver leurs plus petites ou leurs plus grandes distances ; soit entre elles, soit relativement à la terre. Les planètes qui peuvent le plus se rapprocher de nous sont Mars et Vénus : leurs moindres distances à la terre sont, pour Vénus, de 9 millions de lieues environ, et pour Mars, de 12 à 13 millions : leurs plus grandes distances sont de 93 millions de lieues pour Mars, et de 60 pour Vénus.

Il y a dans les orbites des planètes quatre points remarquables : les deux *apsides* et les deux *nœuds*. On appelle apsides, les deux points dans lesquels les planètes sont à leur plus grande et à leur moindre distance du soleil. Ces deux points sont diamétralement opposés dans l'ellipse, et s'appellent

le premier, l'*aphélie*, et le dernier, le *périhélie*. Ces deux termes tirent leur origine de la langue grecque, et signifient, le premier, loin du soleil, et l'autre près du soleil. La ligne qui unit ces deux points, est la *ligne des apsides*, ou le *grand axe*. Dans la figure 28ᵉ le soleil étant toujours censé en *S*; *A* est l'aphélie, *a* le périhélie, et *A a* est la ligne des apsides. La terre arrive à son aphélie, neuf jours après le solstice d'été, ou lorsqu'elle est au 9ᵉ degré du Capricorne, et que le soleil nous paraît être à pareil degré du signe de Cancer; le périhélie est au point opposé de l'orbite : la terre y arrive 9 jours après le solstice d'hiver. On voit que l'aphélie et le périhélie sont par rapport au soleil, ce qu'étaient l'apogée et le périgée par rapport à la terre.

Les apsides ne sont pas toujours au même endroit du ciel. Les orbites planétaires semblent se mouvoir en entier, et la ligne des apsides paraît tourner sur le foyer principal, en allant suivant l'ordre des signes. Ce mouvement a lieu pour toutes les planètes; mais il n'est pas pour toutes de la même quantité. Il n'est que de $1^{\circ}\ 49^{m}\ 10^{s}$ par siècle pour la terre; tandis que pour Vénus il est de $4^{\circ}\ 10_{m}$ pendant le même temps. Ce mouvement des apsides se concevra aisément, si l'on suppose que la ligne *A a* tourne lentement sur le foyer *S* d'occident en orient; et qu'elle soit parvenue au bout d'un temps plus ou moins long,

dans la position $L\,l$: alors l'ellipse $A\,N\,a\,M$, aurait changé de place, et se trouverait dans la situation de l'ellipse ponctuée $L\,O\,l\,P$. Ce déplacement lent et successif paraît dû à une cause dont il va être bientôt question.

Les *nœuds* des planètes sont les points où leurs orbites rencontrent le plan de l'écliptique. Toutes les orbites planétaires ont un foyer commun, qui est le soleil. Mais elles ne sont pas toutes tracées sur un même plan. Si cela était ainsi, Mercure et Vénus ne pourraient passer entre nous et le soleil, ce qui leur arrive une fois dans chaque révolution, sans que nous les vissions sur le disque solaire. Or cela est assez rare pour l'un et pour l'autre ; mais sur-tout pour Vénus. Il s'écoule quelquefois un siècle entier, sans que cette planète passe devant le soleil par rapport à nous, se trouvant à chaque révolution, lorsqu'elle est entre nous et cet astre, ou trop élevée au dessus du plan de l'écliptique, ou trop abaissée au dessous, pour pouvoir nous cacher aucune portion de sa surface. Mercure passe plus fréquemment sur le soleil, parce qu'il en est plus près, et qu'il tourne plus vîte : mais toujours peut-on conclure de la rareté de ces phénomènes astronomiques, que ces deux planètes se meuvent dans des plans assez différents du plan de l'écliptique.

Les passages de Mercure et de Vénus sur le soleil, sont des phénomènes que les astronomes obser-

vent toujours avec soin. Ceux de Vénus sur-tout sont pour eux de la plus grande importance ; car ce sont ces passages de Vénus qui ont fait connaître avec quelque précision la parallaxe du soleil. (a') Cette planète a, comme on a vu, une parallaxe très-sensible. Si on l'observe donc de plusieurs endroits de la terre fort éloignés entre eux, lorsqu'elle paraît ainsi sur le disque du soleil, elle sera vue par les différents observateurs, répondre à des points différents de la surface de cet astre. Les rayons tirés à la planète des divers points de la terre choisis pour cette observation, se croiseront tous à son centre, et iront aboutir en des points du disque solaire d'autant plus écartés entre eux, qu'il y aura plus de distance entre le soleil et Vénus. On pourra donc juger de l'éloignement de cet astre par la grandeur de cet écartement. C'est à peu près par ce moyen que l'on a fixé la parallaxe horisontale du soleil à 8 secondes et demie, comme on l'a dit plus haut.

Les orbites des planètes n'étant point dans un même plan, ces astres doivent suivre dans le ciel chacun une route différente, comme cela est en effet, et comme il est aisé de s'en convaincre par la simple observation. Toutes les orbites planétaires sont donc inclinées entre elles, et à l'orbite terrestre. Pour avoir leur inclinaison par rapport à l'écliptique, il n'y a qu'à mesurer leur plus grande latitude : on se rappelle que la latitude

d'un astre est sa distance à l'écliptique ; et que l'angle d'inclinaison de deux cercles qui ont un centre commun, est égal à l'arc qui mesure leur distance réciproque dans l'endroit où ils sont le plus écartés entre eux. On a trouvé ainsi que la plus grande latitude de Saturne était de 2° 30m et demie ; que celle de Jupiter était de 1° 19m et demie ; celle de Mars, de 1° 50m 54s ; celle de Vénus, de 3° 23m 20s ; celle de Mercure enfin, de 7° juste. Telles sont les quantités dont ces planètes peuvent s'éloigner de l'écliptique : ce sont aussi là les angles que leurs orbites font avec celles de la terre.

L'orbite d'une planète est donc coupée en deux parties égales par l'écliptique : une moitié de cette orbite est au dessus, et l'autre au dessous du plan de l'orbite terrestre ; ou pour parler plus exactement, une moitié est dans l'hémisphère austral, et l'autre dans l'hémisphère boréal, par rapport à l'écliptique, et en considérant ce cercle, comme formant la séparation de ces deux hémisphères. Les orbites des planètes ou les courbes qu'elles tracent dans le ciel, ayant un diamètre plus ou moins grand que celui de l'écliptique, selon qu'elles sont plus ou moins éloignées du soleil que la terre, on voit que ces orbites ne peuvent point rencontrer l'écliptique, mais seulement le plan de ce cercle, ou la surface plane indéfinie sur laquelle on peut concevoir qu'il est

tracé. Les points où elles rencontrent ce plan, s'appellent les *nœuds*, comme on a dit. L'un est appelé *nœud ascendant* ; c'est celui par lequel passe la planète, pour venir au dessus de l'écliptique, ou plutôt pour passer au nord de ce cercle: l'autre est dit, *nœud descendant*, pour la raison contraire. Ces deux points sont diamétralement opposés, ou à 180 degrés l'un de l'autre. Le diamètre de l'écliptique qui aboutit à ces deux points, s'appelle *la ligne des nœuds*.

La ligne des nœuds, comme celle des apsides se meut dans le ciel, mais dans un sens opposé ; c'est-à-dire, que son mouvement se fait contre l'ordre des signes, ou d'orient en occident. Ce mouvement des nœuds d'une planète est analogue à celui que nous avons reconnu dans les points d'intersection de l'écliptique avec l'équateur, lequel produit le phénomène de la précession des équinoxes. Ce mouvement rétrograde des nœuds est peu sensible dans l'espace de quelques années; mais au bout d'un certain temps, les nœuds se trouvent avancés du côté de l'occident d'une quantité notable. Ce mouvement est par an pour Mercure de 45^s ; pour Vénus, de 31^s ; pour Mars, de 40^s ; pour Jupiter, de 60^s ; pour Saturne, de 30^s. Le nœud ascendant de Mercure était en 1750, à $1^s\ 15^o\ 21^m\ 15^s$; celui de Vénus, à $2^s\ 14^o\ 26^m\ 18^s$: celui de Mars, à $1^s\ 17^o\ 36^m\ 30^s$, celui de Jupiter, à $3^s\ 8^o\ 16^m$; et celui de Saturne enfin,

à $3^s\ 21^\circ\ 31^m\ 17^s$. Ces quantités expriment la longitude du nœud, ou sa distance au premier degré du bélier, comptée sur l'écliptique. La lettre *s* est l'*initiale*, du mot signe, et les astronomes appellent *signe*, un arc de 30 degrés : on sait que c'est là la valeur d'un signe de l'écliptique. Il est facile, au moyen des quantités données ci-dessus de trouver le lieu des nœuds d'une planète pour une année déterminée.

Si les nœuds des planètes ne sont pas fixes dans le ciel, l'inclinaison de leurs orbites sur l'écliptique n'est pas plus constante : on a reconnu qu'elle alloit en augmentant pour Mercure, Vénus et Herschel, et en diminuant pour Mars, Jupiter et Saturne : mais la plus grande variation est à peine d'une minute par siècle. La cause des changemens qui arrivent, soit dans la position des nœuds des planètes, soit dans l'inclinaison de leurs orbites, est attribuée à l'action qu'elles exercent les unes sur les autres. En effet, en admettant le principe d'attraction universelle, qui va être developpé dans l'instant, on sent que les planètes marchant dans des plans différents, et s'attirant réciproquement doivent se déranger un peu, quand elles sont à une distance, où leur force attractive peut agir sensiblement. Or comme l'orbite d'une planète n'est autre chose que la trace qu'elle laisserait dans le ciel, en fesant sa révolution autour du soleil, si elle est à chaque fois un peu déplacée par l'attraction d'une

autre planète, elle suivra aussi à chaque révolution, autour de cet astre, une courbe qui ne sera pas exactement la même que celle qu'elle avait parcourue précédemment.

La forme et la position des orbites planétaires étant à présent bien connues, il faut rechercher quelle est la vîtesse avec laquelle ces grands corps suivent la route qui leur a été tracée. D'abord si l'on compare ensemble les distances des planètes au soleil, et les durées de leurs révolutions périodiques, l'on reconnaît que leur vîtesse est d'autant plus grande, qu'elles sont plus près du soleil. Il faut à Jupiter 12 ans à peu près, pour achever une révolution dans son orbite, et cependant sa distance au soleil n'est guère que cinq fois aussi grande que la distance de la terre au même astre. La vîtesse des planètes ne suit donc pas le rapport des distances à l'astre central, ou ce qui est la même chose, le rapport des rayons de leurs orbites ; elle est proportionnellement moindre dans une orbite plus grande. C'est d'ailleurs une chose que l'on peut déduire de la première des lois astronomiques découvertes par Kepler, de la loi qui établit le rapport entre les temps périodiques et les distances. Mais il existe sur la vîtesse des planètes une autre loi également due à Kepler, et qui mérite de nous arrêter ici.

Les planètes ne conservent pas pendant toute la durée de leur révolution, une vîtesse constante et

uniforme. Kepler avait remarqué qu'elles marchaient plus vîte dans leur périhélie, ou lorsqu'elles étaient plus près de l'astre central ; et qu'elles allaient plus lentement dans leur aphélie, ou à mesure qu'elles s'éloignaient davantage du soleil. Ce grand génie avait même trouvé que les espaces embrassés par deux rayons tirés du soleil à deux points différents de l'orbite planétaire, étaient toujours proportionels au temps que la planète avait mis pour aller de l'un à l'autre de ces points. C'est ce que l'on exprime d'une manière plus abrégée, en disant : *que les aires dans les orbites planétaires sont proportionnelles au temps*. Dans la figure 28e, si du foyer *S*, on tire deux rayons à la partie supérieure de l'ellipse *S A*, *S B*, et deux autres *S a*, *S b* à sa partie inférieure ; et si les choses sont telles que les *aires*, ou espaces *A S B*, *a s b* soient égaux entre eux ; il faudra à la planète le même intervalle de temps pour parcourir les deux portions inégales de son orbite *A B* et *a b*. Si l'aire *A S B* était double de l'autre, la planète serait une fois plus de temps sur l'arc *A B*. Telle est la manière dont il faut entendre la loi que nous venons d'établir, et qui avec les deux mentionnées ci-dessus, forment les trois fameuses lois de Kepler.

Cette inégalité reconnue dans le mouvement des planètes, nous servira à expliquer une inégalité semblable que nous avions remarquée dans le

mouvement du soleil. On se rappelle qu'en parlant du temps vrai et du temps moyen, nous avons dit que le soleil paraissait aller quelquefois plus vîte, et d'autres fois plus lentement. Nous supposions alors que cet astre était en mouvement autour de la terre. Nous savons à présent qu'il est en repos ; ce sera donc dans le mouvement du globe terrestre que cette accélération et ce rallentissement auront vraiment lieu. Il est évident que nous pouvons juger du mouvement réel de notre globe, par le mouvement apparent du soleil. Nous savons d'un autre côté que la distance de la terre à cet astre n'est pas toujours la même ; et l'on pourrait soupçonner, comme on l'a fait plus haut, que les inégalités de son mouvement, ne sont qu'apparentes, et dépendent des changemens de distance : d'autant plus que la vîtesse ne s'accélère qu'à mesure que la distance diminue, et qu'elle se rallentit justement quand cette distance augmente.

Pour s'assurer de la vérité à cet égard, il faut chercher par le calcul, de combien le mouvement du soleil doit paraître diminué, lorsque nous en sommes plus loin, par l'effet de cette augmentation de distance. L'on trouve ainsi qu'il devrait l'être de 5 secondes de degré par heure. L'on cherche ensuite par l'observation quelle est cette diminution dans le fait ; et l'on reconnaît qu'elle est de 10 secondes dans le même temps. Donc le rallentissement observé dans la vîtesse du soleil, ne vient pas

pas seulement de ce que nous en sommes alors plus éloignés. Son mouvement, ou plutôt celui de la terre se rallentit réellement ; et la diminution qu'il éprouve, est aussi de 5 secondes de degrés par heure. Ceci a lieu lorsque la distance de la terre au soleil est la plus grande possible, ou que la terre est, comme on dit, dans son aphélie. Il est à remarquer que cette quantité, dont le mouvement de la terre diminue alors, est justement proportionnelle à l'augmentation de sa distance au soleil ; et si l'on fait de semblables recherches pour d'autres points de l'orbite terrestre, l'on trouve que la vîtesse de notre globe se rallentit et s'accélère toujours dans le même rapport que sa distance au soleil augmente ou diminue.

Ce que l'on vient de reconnaître dans le mouvement annuel de la terre, se remarque également dans celui des planètes. Puisqu'elles décrivent aussi des ellipses autour du soleil, elles se trouvent quelquefois plus près, et quelquefois plus loin de cet astre ; et leur vîtesse n'est pas la même dans ces deux circonstances. Nous pouvons bien, quoique placés sur un globe mobile, et qui est transporté comme elles dans l'espace, appercevoir les changemens qui arrivent dans leur vîtesse : mais pour les voir tels qu'ils sont, et sans altération, il faudrait que nous fussions placés au foyer principal de l'ellipse, c'est-à-dire, dans le soleil même. Alors nous verrions toutes les planètes, la terre

comprise, marcher autour de nous dans le même sens, mais dans des plans différents, quoique peu écartés entre eux, et avec des vîtesses qui iraient en croissant de l'aphélie au périhélie, où ces vîtesses sont à leur *maximum*, et en diminuant ensuite du périhélie à l'aphélie, où elles sont à leur *minimum*. Si au lieu d'être au foyer principal, nous étions à l'autre foyer *F* (*fig.* 28ᵉ), la vîtesse des planètes nous paraîtrait la même, et sans variation, dans toute l'étendue de leur révolution, parce que cette vîtesse augmenterait précisément dans le même rapport que leur distance.

Puisque la vîtesse des planètes s'accélère à mesure qu'elles s'approchent du soleil, et qu'elle se rallentit quand elles s'en éloignent, il est naturel de penser que la cause de ces inégalités existe dans le soleil même. Kepler qui avait découvert le premier la loi des vîtesses, fut aussi le premier à appercevoir la cause de leurs variations. Il reconnut dans le soleil une espèce de force magnétique qui enchaînait toutes les planètes autour de cet astre, et qui agissait sur elles avec d'autant plus d'énergie, qu'elles étaient plus près de lui. Newton ensuite compléta le système de Kepler, démontra ce qu'il pouvait avoir d'hypothétique, fixa ce qu'il pouvait avoir de vague, et mit enfin à découvert les véritables causes de tous les mouvemens célestes. Mais pour mettre plus de clarté dans ce que nous avons à dire à ce sujet, il faut

remonter aux premières lois du mouvement.

Un corps qui n'obéit qu'à une seule force, doit suivre une ligne droite, tant qu'il ne trouve point d'obstacle, ou qu'aucune nouvelle force n'agit sur lui. Il suivra encore une ligne droite, s'il est poussé ou frappé par deux forces qui font un angle entre elles, et qui ont une direction constante. La ligne qu'il suit alors a une direction moyenne entre celles des deux forces. Un corps poussé en même temps suivant *A C*, et suivant *A B*, (*fig.* 29e), ne suivra ni l'une ni l'autre de ces lignes, mais la ligne *A D*, qui est la diagonale du parallélogramme *A B D C*. Mais si l'une des deux forces qui agissent sur ce corps, change à chaque instant de direction, le mobile parcourra bien aussi pendant chacun de ces instants, de petites lignes droites; mais ces lignes seront toutes inclinées entre elles, et de leur suite il résultera une ligne courbe, qui sera la route du corps obéissant en même temps à ces deux forces. Cette courbe sera rentrante et fermée, si la force changeante dirige toujours ses impulsions vers un même point, et que les petits coups qu'elle donne au mobile à chaque instant, soient tous égaux entre eux, ou que leur rapport augmente et diminue symmétriquement dans les deux moitiés de la courbe, et en suivant la même loi.

Le corps *M*, (*fig.* 30e), étant poussé vers *A* par une force *M R*, tandis qu'il est tiré en même

temps vers *C*, par une autre force *M P*, suivra la direction moyenne *M I*. Arrivé au point *I*, il continuerait à se mouvoir sur la même ligne vers *B*, si les forces qui l'ont mis en mouvement, n'éprouvaient aucun changement. Mais si lorsqu'il est dans ce point *I*, la force *M P* vient à changer de direction, et le tire suivant la ligne *I Q*, tandis que l'autre force demeure la même, alors le mobile prendra encore une route moyenne entre *I B* et *I Q*, et viendra en *L*. Là, tiré de nouveau par la force changeante suivant la ligne *L C*, le corps sera encore détourné de son chemin, et parcourra la petite droite *L N*, ainsi de suite : c'est-à-dire donc que ce mobile changera lui-même de direction, toutes les fois qu'il recevra une nouvelle impulsion de la force variable. Ces lignes *M I*, *I L*, *L N*, que le mobile aura parcourues, seront toutes inclinées les unes aux autres ; et si on suppose qu'elles sont infiniment petites, ou que les impulsions de la force changeante se sont succédées à des intervalles infiniment courts, il résultera de la suite de ces petites lignes droites, une ligne courbe qui sera la trace du corps soumis en même temps à l'action de ces deux forces. Telle est la génération du mouvement en ligne courbe.

Puisque l'action d'une seule force ne peut produire qu'un mouvement en ligne droite, il suit de ce qu'on vient de dire, que tout mouvement en ligne courbe est nécessairement le résultat de l'ac-

tion simultanée de deux forces, dont l'une tend continuellement à approcher le corps du point central où elle réside, et l'autre travaille sans relâche à l'en éloigner. Si la force *M P*, (*fig.* 30e) agissait seule, le mobile serait amené vers le centre *C* le long de la ligne *M C* : il s'en éloignerait constamment au contraire en suivant la direction *M A*, s'il était uniquement soumis à la forc *M R*. Mais obéissant en même temps à ces deux forces, il prend une direction moyenne entre leurs directions, et suit la courbe *M I L N*, dont la concavité est tournée vers le point *C*. La distance à laquelle le corps se maintient à l'égard du centre *C*, dépend du rapport des forces, et de l'angle qu'elles forment entre elles. C'est ainsi qu'une balle de plomb suspendue à l'extrêmité d'un fil, se meut circulairement, lorsque tenant le fil par l'autre bout, on imprime à la balle un mouvement dans une direction quelconque. La force *M R* s'appelle force *tangentielle*, parce qu'elle agit dans le sens des tangentes à la courbe décrite par le mobile. Ces tangentes *M R*, *I B*, *L D*, ont des directions différentes, suivant les points de la courbe d'où elles sont tirées : mais les changemens qu'éprouve dans sa direction la force qu'elles représentent, sont dûs à ceux qui arrivent dans la force *centrale M C*.

Maintenant pour se faire une idée du mouvement des planètes et des causes qui le produisent

tel qu'il est, il faut concevoir que, placées à une certaine distance du soleil, à leur aphélie *A*, par exemple, (*fig.* 28[e]), les planètes ont reçu primitivement une impulsion suivant la ligne *A R*, perpendiculaire au rayon *A S*, tiré de la planète au soleil. Par l'effet de cette première impulsion, elles se seraient éloignées de plus en plus de cet astre, en suivant toujours la même ligne *A R*. Mais dans l'instant même où elles ont été frappées dans ce sens-là, une force résidante dans le soleil, ou émanée de cet astre, a commencé aussi d'agir sur elles, suivant la direction *A S*, et les eût amenées jusques dans le soleil même, si elle eût agi toute seule. Mais son action se trouvant contrariée par celle de l'autre force, et se combinant avec elle; il est arrivé que les planètes, dès le premier pas qu'elles ont fait, ont commencé à marcher dans une courbe *A N a M*, dont la nature et la forme ont été le résultat de l'action combinée des deux forces qui agissaient sur elles.

Telle est la manière dont il faut concevoir le mouvement des planètes autour du soleil. Puisqu'il se fait en ligne courbe, il faut de nécessité qu'il soit produit par deux forces, telles que nous venons de les supposer; et puisque le soleil est le point autour duquel se fait ce mouvement, il faut encore nécessairement que l'une de ces forces soit dirigée vers cet astre. Le rapport des deux forces n'est point une chose indifférente, comme

on le sent bien. Si celle qui est dirigée au centre eût été trop faible, elle n'aurait pu que rallentir la vîtesse avec laquelle la planète se fût néanmoins toujours éloignée ; et si elle eût été trop puissante, elle l'eût amenée enfin au foyer où elle réside. Il fallait donc que ces deux forces eussent entre elles une certaine proportion, pour que la planète se tînt toujours à peu-près à la même distance de l'astre central ; et qu'elle traçât dans le ciel une courbe fermée et rentrante sur elle-même. La première de ces deux forces, s'appelle force de *projection*, parce qu'on la considère, ainsi que nous venons de le faire, comme une première impulsion communiquée aux planètes par la main toute-puissante du Créateur. Elle est la même que la force tangentielle : car si l'on conçoit que la planète, dans quelque partie de son orbite que ce soit, vient à être abandonnée par la force dirigée au centre, elle s'éloignera alors du soleil dans le sens de la tangente à la courbe qu'elle décrivait ; c'est-à-dire, qu'elle suivra une ligne droite, qui sera le prolongement de la petite portion de son orbite où elle était, lorsque cette force lui a manqué. Cette dernière force qui combat sans cesse la première, qui empêche la planète de s'échapper, et la ramène toujours vers l'astre central, s'appelle force d'*attraction* ou de *gravitation*, parce qu'elle paraît être la même que celle qui pousse les corps graves vers le centre de la terre. On l'appelle aussi

force *centripète*, parce qu'en effet son action est toujours dirigée vers un même point, et qu'elle y amènerait réellement les planètes, si elle agissait toute seule.

On pourrait demander ici, comment il est possible que les planètes se meuvent sans cesse autour du soleil, marchent toujours avec la même vîtesse, et achèvent leur révolution dans le même espace de temps, en vertu d'une première impulsion qu'elles auraient reçues autrefois, lorsqu'elles commencèrent d'exister. Il semble en effet que le mouvement qui leur a été primitivement imprimé, a dû bientôt s'affaiblir, si la main puissante qui l'a produit dans l'origine des choses, n'a pas de temps en temps renouvellé son action sur elles. Pour trouver la solution de cette difficulté, il n'y a qu'à se rappeller un principe évident de méchanique; qu'un corps une fois mis en mouvement, doit persévérer constamment dans cet état, tant qu'il ne rencontre point d'obstacles, et que rien ne lui dérobe le mouvement qu'il a reçu: car il est évident qu'alors il n'existe aucune raison pour qu'il s'arrète jamais. Or c'est là le cas des planètes. En traversant les espaees célestes, elles ne rencontrent aucun obstacle sur leur route: ces régions paraissent absolument vides de toute matière capable de leur opposer de la résistance. Rien n'a donc pu affoiblir l'effet de la première impulsion qu'elles ont reçue. Le mouvement qui en a été la

suite a donc dû se maintenir jusqu'à présent, et se maintiendra toujours de même, tant qu'aucune cause étrangère ne viendra point l'altérer ou détruire.

Quoique les deux forces qui sont la cause du mouvement des planètes en ligne courbe, se fassent mutuellement équilibre, cela n'empêche pourtant pas, qu'elles n'aient alternativement l'avantage l'une sur l'autre, dans le cours d'une révolution : mais les choses ont été combinées de manière que jamais aucune des deux forces ne peut devenir assez puissante pour détruire l'effet de l'autre. Il y a dans les lois mêmes du mouvement elliptique, une cause qui affaiblit toujours celle qui a eu l'avantage pendant un temps, et qui fortifie l'autre dans la même circonstance. Ainsi quand une planète part de son aphélie *A*, (*fig.* 28e), la force centripète plus puissante que son antagoniste, l'entraîne peu à peu vers le soleil, et l'en approche toujours davantage, jusqu'à ce que la planète soit arrivée à son périhélie *a*, où elle en est à sa moindre distance. Mais à cette époque, la force qui travaille continuellement à écarter la planète du centre, et qui a eu du désavantage jusqu'alors, prend le dessus dans ce moment, et commence à l'éloigner du soleil, l'en écartant de plus en plus jusqu'à l'aphélie, où la planète est à sa plus grande distance de l'astre central, et où les choses recommencent dans le même ordre.

Quant à la vîtesse de la planète dans les différentes parties de son orbite, elle va en augmentant pendant la première moitié de sa révolution, c'est-à-dire, quand elle descend vers le soleil, et en diminuant pendant l'autre moitié, ou lorsqu'elle s'en éloigne : de façon qu'on pourrait comparer le mouvement d'une planète autour du soleil, à celui d'un pendule autour de la ligne de son repos. Ce pendule, lorsqu'après l'avoir élevé plus ou moins, on l'abandonne à lui-même, descend d'abord, comme on sait, avec une vîtesse accélérée, et remonte ensuite du côté opposé avec une vîtesse uniformément retardée. Il fait ainsi un nombre d'oscillations plus ou moins grand, et qui serait sans fin, sans le frottement et la résistance de l'air, en éprouvant dans sa vîtesse des alternatives continuelles d'augmentation et de diminution. Il en est de même des planètes, elles oscillent de la même manière autour du soleil. Elles descendent de leur aphélie vers cet astre, avec une vîtesse qui croît à chaque pas ; et remontent ensuite au même point avec une vîtesse qui décroît graduellement et de la même manière. Mais leurs révolutions n'ont point de terme, parce qu'elles se meuvent dans un espace où elles ne trouvent point de résistance. »

Ce rapport constant entre la vîtesse des planètes, et leur distance au soleil, fit, comme on l'a dit, soupçonner à Kepler que cet astre était lui-même

le foyer où résidait la force centripète ; que cette force était comme une émanation du soleil, une espèce d'action qu'il exerçait sur les planètes, et par laquelle il les retenait sous son empire. Ce grand génie n'alla pas plus loin dans cette nouvelle carrière, et les lois de l'action du soleil sur les planètes, échapperent à sa sagacité. Il était réservé à l'immortel Newton de les découvrir et de nous dévoiler ainsi tout le méchanisme de l'univers. Newton trouva donc que la force centripète agissait toujours en raison inverse du quarré de la distance (*b**) : ce qui signifie, qu'à une distance double, cette force est quatre fois plus faible ; qu'elle l'est neuf fois plus à une distance triple, et ainsi de suite. On peut, par un exemple facile à comprendre, faire voir que telle est la manière d'agir de la force centrale qui gouverne les planètes.

Comparons ensemble Saturne et notre terre. D'abord ces deux planètes sont à des distances inégales du soleil, et tournent autour de cet astre avec des vîtesses différentes. Mais puisqu'elles se meuvent en ligne courbe, elles font donc effort pour s'éloigner du soleil, et c'est la force attractive de cet astre qui seule les retient dans leurs orbites. Voyons donc qu'elle est la force que le soleil emploie pour retenir l'une et l'autre planète. Il faut environ 30 ans à Saturne pour faire une révolution entière : la terre achève la sienne en un

an. Sous ce premier point de vue, la vîtesse de la Terre est donc 30 fois plus grande que celle de Saturne ; et comme il est démontré que les forces centripètes sont proportionnelles aux quarrés des vîtesses, la force qui retient la Terre serait donc dans ce cas 900 fois plus grande que celle qui retient Saturne : 900 est le quarré de 30. Mais Saturne est 9 à 10 fois plus loin du soleil que nous : la circonférence qu'il décrit est 9 à 10 fois plus grande que l'orbite terrestre ; et s'il ne fait qu'un degré dans le même temps que la Terre en fait 30, ce degré a pourtant neuf fois au moins autant d'étendue absolue, qu'un degré décrit par la Terre. Il faudra donc diviser 900 par ce dernier nombre, pour avoir le véritable rapport entre les forces centripètes qui agissent sur ces deux planètes. On trouve ainsi que celle qui retient Saturne dans son orbite, est 100 fois plus petite que celle qui retient notre Terre dans la sienne. Mais Saturne, comme on vient de dire, est environ 10 fois plus loin du soleil : donc à une distance 10 fois plus grande, la force centripète est 100 fois plus petite ; et 100 est le quarré de 10. L'on peut donc dire que cette force diminue, comme le quarré de la distance augmente. Dans le calcul qu'on vient de faire, on n'a pris que des nombres entiers, afin de le simplifier ; ce qui y a introduit un peu d'arbitraire en apparence : mais on obtiendrait le même résultat, quand on le ferait avec plus de rigueur.

Telle est la force qui enchaîne les planètes autour du soleil, et qui les empêche de s'en éloigner au-delà d'un certain terme fixe et invariable pour chacune d'elles. Mais quoique cette force augmente dans la même raison que le quarré de la distance diminue, il ne s'ensuit pas que la vîtesse croisse dans le même rapport. Elle augmente seulement dans la raison simple et réciproque de la distance. Une planète qui, dans quelque point de son orbite, se trouverait une fois plus près du soleil qu'elle n'était dans un autre, éprouverait bien de sa part une action quadruple ; mais elle n'irait qu'une fois plus vîte : de façon que sa vîtesse serait augmentée précisément de la même manière que sa distance au soleil aurait diminué. L'on pourrait trouver la preuve de ceci dans le principe énoncé ci-dessus, que les aires sont proportionnelles aux temps. Mais l'on en a une démonstration plus simple et plus facile à comprendre dans les observations astronomiques, qui nous apprennent, comme on l'a rapporté ci-dessus, que les vîtesses de la terre dans son aphélie et dans son périhélie, sont réciproquement proportionnelles à ses distances au soleil dans ces deux points de son orbite ; c'est-à-dire, que dans son périhélie, sa distance étant d'un 30e plus petite, sa vîtesse est aussi plus grande d'un 30e. La chose peut se prouver facilement.

La terre parcourt environ un degré, ou 3,600

secondes par jour dans son orbite : c'est donc 150 secondes par heure. Mais, comme on a dit, sa vîtesse s'accélère réellement dans le périhélie de 5 secondes de degré dans une heure de temps : cette augmentation de vîtesse est donc bien la 30e partie de la vîtesse moyenne. La distance au soleil dans le périhélie, étant aussi diminuée d'un 30e : l'accroissement de la vîtesse est donc proportionnel à la diminution de la distance.

Les principes que l'on vient d'établir sur le mouvement des planètes, donnent lieu à une difficulté qui se présente d'abord à tous les esprits, et qui ne peut être bien résolue qu'avec le secours de quelque démonstration mathématique : nous essayerons pourtant d'y répondre sans cela. Si les planètes sont retenues dans leurs orbites par une force d'attraction émanée du soleil, et qui augmente à mesure qu'elles s'approchent de cet astre ; pourquoi commençent-elles à s'en éloigner, lorsqu'elles en sont à leur moindre distance? C'est là que l'attraction solaire doit avoir plus d'énergie ; et si elle a eu assez de force pour amener à cette distance une planète qui était d'abord plus éloignée, pourquoi ne continue-t-elle pas à l'approcher de plus en plus de l'astre où elle réside ? Comment se fait-il que la force contraire prenne ainsi tout-à-coup le dessus, et commence à éloigner la planète du soleil, au moment où il semble qu'il devrait agir sur elle avec le plus d'empire ?

La solution de cette difficulté tient à la connaissance d'un effet nécessairement résultant de tout mouvement en ligne courbe. Un corps qui circule fait continuellement effort pour s'éloigner du centre de sa révolution ; et cet effort, qui s'appelle *force centrifuge*, est d'autant plus grand, que le corps tourne avec plus de vîtesse. Dans le mouvement elliptique des planètes, la vîtesse étant toujours réciproquement proportionnelle à la distance, on démontre que la force centrifuge est elle-même en raison inverse du cube de cette distance. Si donc nous supposons qu'une planète, dans son périhélie, soit 4 fois plus près du soleil que dans son aphélie, l'action qu'elle éprouve de la part de cet astre, ou la force qui l'entraîne vers le centre de son mouvement, y sera bien à la vérité 16 fois plus grande : mais la force centrifuge, qui tend à l'en éloigner, sera elle-même devenue 64 fois plus considérable ; parce qu'elle dépend de l'augmentation de la vîtesse, et de la diminution de la distance. Elle se trouvera par conséquent bien assez puissante pour emmener la planète, et l'écarter de l'astre central. La démonstration de ceci se trouve dans les ouvrages où l'on traite l'astronomie mathématiquement.

Il reste à expliquer pourquoi la planète ne cesse point de s'approcher ou de s'éloigner du soleil, lorsque les deux forces sont devenues égales entre elles : ce qui arrive vers les moyennes distances

N et *M*, (*fig.* 28e). C'est que l'angle que font en cet endroit les deux forces, est encore trop aigu, ou trop ouvert, pour qu'il puisse devenir tout-à-coup un angle droit : ce qui est nécessaire, pour que la planète soit maintenue à une distance toujours égale. Il faut donc qu'elle continue d'approcher du soleil, ou de s'en éloigner, et que les directions de ces deux forces deviennent de moins en moins inclinées entre elles, jusqu'à ce qu'elles soient perpendiculaires l'une à l'autre, ce qui arrive à l'une ou à l'autre des apsides ; et là, celle des deux forces qui avait été jusqu'alors la plus faible, prend à son tour le dessus, et éloigne ou ramène la planète, ainsi qu'on l'a expliqué.

L'existence d'une force centripète est démontrée par cela seul, que les planètes marchent dans des lignes courbes et fermées. Il est également prouvé que le siège où réside cette force centripète, est dans le soleil même, puisque c'est autour de cet astre que les planètes se meuvent. Mais quelle est la nature de cette action puissante que le soleil exerce sur les globes planétaires, et qui les enchaîne tous autour de lui? Suivant le système le plus généralement reçu parmi les astronomes et les physiciens, tous les corps de la nature jouissent de la faculté de s'attirer réciproquement entre eux, et cette force d'attraction est regardée comme une propriété appartenante à tous les élémens de la matière. C'est une puissance qui les

entraîne

entraîne toutes les unes vers les autres, et qui les oblige de s'unir entre elles, quand aucun obstacle ne s'oppose à cette réunion. Si l'on supposait que toute la matière qui existe, fût rassemblée de manière à ne former qu'un seul corps, ce corps aurait nécessairement une figure sphérique ; pourvu que les parties qui le composeraient, eussent eu la liberté de s'arranger convenablement entre elles : tel eût été le résultat de leur attraction mutuelle. Si avec cette même matière, au lieu de ne faire qu'un seul corps, on en fesait deux qui fussent égaux en masse, ces deux corps, à quelque distance qu'ils fussent placés entre eux, s'attireraient réciproquement, et s'approcheraient l'un de l'autre avec des vîtesses qui iraient en croissant jusqu'à ce qu'ils parvinssent à se toucher ; et ils auraient fait chacun la moitié du chemin qui les séparait. Si le nombre des corps était plus grand, tous ces corps s'attireraient mutuellement, et finiraient encore par se réunir en un même lieu ; à moins qu'il n'existât quelqu'autre force qui s'opposât à cette réunion.

Telle est l'idée qu'il faut se faire de cette force universelle d'attraction. Nous ne pouvons pas dire de quelle manière elle réside dans les corps : mais nous sommes dans la même ignorance à l'égard de toutes les autres propriétés de la matière. L'on ne pourrait donc pas tirer de là un argument contre l'existence de cette force d'attraction, si elle était

d'ailleurs prouvée par un assez grand nombre de faits. Or le flux et reflux de la mer, dont il sera parlé plus bas, la suspension des liqueurs au dessus de leur niveau dans les tuyaux capillaires, les phénomènes de la crystallisation, et une multitude d'autres faits connus en physique et en chymie, attestent assez qu'il existe une force semblable entre les différentes parties de la matière. Mais une preuve plus convaincante peut-être encore que toutes celles qu'on vient de rappeller, c'est le mouvement même des planètes autour du soleil : car ce mouvement ne saurait avoir lieu sans une force de cette espèce, résidante dans le soleil même. C'est l'attraction du soleil qui empêche les planètes de s'égarer dans l'espace : c'est cette force qui les captive autour de lui, et qui règle et modère leur vîtesse dans les différentes parties de leurs révolutions.

Mais d'où cet astre tient-il cette attraction puissante, cette espèce d'empire qu'il exerce en souverain sur toutes les planètes ? De l'énormité de sa masse. La force d'attraction est toujours proportionnelle à la quantité de matière : car elle appartient à la matière elle-même, et à chacune de ses parties. La force d'attraction d'un corps doit donc être d'autant plus grande, que ce corps contient un plus grand nombre de particules matérielles. Or le soleil à cet égard a sur toutes les planètes une supériorité bien décidée. Car la masse de toutes

les planètes ensemble ne fait pas 450 fois celle du globe terrestre ; tandis que la masse du soleil vaut 365 mille fois la masse de la terre. Ainsi cet astre est à lui seul 800 fois environ plus pesant que toutes les planètes réunies. L'action de cette masse énorme doit donc maîtriser tous ces petits globes, et les faire marcher dans des courbes, et avec des vîtesses dont le soleil soit le modérateur.

Dans le premier chapitre de cet ouvrage, nous nous sommes fait cette question : comment la terre peut-elle se soutenir au milieu de l'espace, seule et sans appui ? C'est, avons-nous dit, qu'aucune force ne la sollicitant à se mouvoir, il n'y a point de raison pour qu'elle quitte la place qui lui a été assignée. Nous le supposions ainsi alors, parce qu'en effet nous ne connaissions encore aucune force qui poussât la terre vers quelque point déterminé, comme il en existe une qui pousse tous les corps terrestres vers le centre de notre globe. Mais à présent nous voyons que la terre est continuellement attirée vers le soleil, et qu'elle ne se tient toujours à peu près à la même distance de cet astre, qu'à cause de la force de projection, de cette impulsion primitive qu'elle a reçue lorsqu'elle a commencé d'exister. Il suit de là que si l'on supposait que l'action de cette première force fût arrêtée tout d'un coup, la terre commencerait réellement à tomber vers le soleil, et y arriverait avec une vîtesse qui irait toujours en croissant, au bout

de 64 jours et 10 heures. Il en arriverait de même aux autres planètes dans la même supposition; seulement le temps de leur chûte serait plus ou moins long, selon qu'elles sont plus ou moins éloignées du soleil. *Les temps des chûtes sont comme les temps périodiques.*

La force d'attraction par laquelle le soleil retient les planètes dans leurs orbites, serait-elle donc de la même nature que cette force de pesanteur qui entraîne vers la terre tous les corps terrestres, lorsqu'ils manquent de soutien ? Oui, sans doute. La pesanteur est une force qui règne dans toute la nature : elle est la même que la force d'attraction. Lorsqu'un corps lancé en haut, retombe vers la terre, ce n'est point ce corps lui-même qui est la cause de sa chûte : ce n'est point en lui que réside la force qui le met en mouvement : elle est dans le globe terrestre. C'est l'attraction du globe qui saisit ce corps, lorsqu'il tendait à s'échapper, et qui le ramène impérieusement vers la terre. C'est cette même attraction qui retient aussi la lune autour de nous, comme il nous sera facile de le faire voir ici, quoique nous n'ayons encore rien dit de cette planète.

C'est autour de la terre que la lune fait sa révolution. Concevons donc que le cercle *L O P Q*, (*fig.* 31e), représente l'orbite de cette planète. Si l'arc *L* ♉ est le chemin qu'elle fait en une minute de temps, *L r* exprimera l'action de la force

centripète dans le même temps où la quantité dont la lune se serait approchée de la terre, si elle n'eût obéi qu'à cette seule force. L'on peut donc avoir la valeur de la force centripète qui a agi sur la lune pendant un certain temps, lorsqu'on connaît le chemin qu'elle a fait pendant ce temps-là dans son orbite. D'après ces principes, Newton a trouvé que la lune, par l'action seule de la force centripète, s'approcherait de la terre dans une seconde de temps, de la 240e partie d'un pied. Mais dans une seconde, les corps graves parcourent ici auprès de la surface de la terre 15 pieds, ou un espace 3,600 fois plus grand. Par conséquent la force centripète qui agit sur la lune, est 3,600 fois plus petite que celle qui entraîne les corps terrestres. Mais la lune est aussi 60 fois plus éloignée du centre du globe, que les corps qui sont à sa surface; et 3,600 est le quarré de 60. La force qui assujettit la lune à la terre, est donc la même que la pesanteur diminuée dans le rapport du quarré de la distance.

On objectera peut-être contre ce qui a été dit de l'universalité de la loi de l'attraction, que si cette force était aussi générale qu'on l'a prétendu, nous devrions voir les corps terrestres s'attirer mutuellement, et s'approcher les uns des autres, au moins lorsqu'ils sont libres. Mais il faut observer d'abord que cette attraction ne pourrait avoir d'effet sensible, qu'autant que ces corps auraient

toute liberté de se mouvoir, et qu'ils n'éprouveraient aucune espèce de résistance ; ce qui n'arrive jamais, ou presque jamais. Secondement, les corps terrestres étant tous soumis à l'attraction puissante du globe, il est évident que leurs petites attractions particulières doivent tout-à-fait disparaître en présence d'une force infiniment supérieure. Cependant si la masse du corps attirant est assez considérable, et que son action s'exerce sur un corps d'un très-petit volume, et suspendu le plus librement possible, alors l'attraction du premier pourra produire quelque petit effet, et se manifester d'une manière sensible. Les académiciens français qui allèrent mesurer au Pérou un degré du méridien, observèrent que le fil à plomb de leur quart de cercle n'était pas exactement perpendiculaire à l'horison, ce qui est sa direction naturelle ; mais qu'il s'écartait de la ligne verticale de 8 secondes. Ils attribuèrent cet écart à l'attraction latérale des montagnes des Cordilières, dans le voisinage desquelles ils se trouvaient. On a éprouvé des effets semblables dans les Alpes, les Pyrénées, l'Appennin, etc. Voilà donc une attraction sensible, exercée par les montagnes, ou les grandes masses de matière terrestre. (*c'*)

Puisque l'attraction est une propriété générale de la matière, les planètes jouissent sans doute d'une force semblable, et attirent aussi le soleil à elles. Quelque petite que soit leur masse par rap-

port à la masse de cet astre, elles doivent encore avoir quelqu'action sur lui, au moins quand elles sont toutes placées du même côté ; parce qu'alors elles agissent dans le même sens, ou dans des directions qui concourent entre elles. Mais la quantité dont elles déplacent le soleil, dans les circonstances mêmes les plus favorables, est toujours assez petite, pour qu'on puisse regarder cet astre comme immobile au centre du monde.

Si l'action des planètes sur le soleil peut être regardée comme nulle, il n'en est pas de même de l'action qu'elles exercent les unes sur les autres. On a remarqué en effet dans leurs mouvemens quelques inégalités qui ne peuvent venir que de cette cause: du moins elles n'ont pu être soumises au calcul, que lorsqu'on a eu recours aux lois de l'attraction. C'est par ce moyen que l'on a expliqué le mouvement direct des apsides, le mouvement rétrograde des nœuds, la précession des équinoxes, l'accélération observée dans le mouvement de Jupiter, le rallentissement de celui de Saturne, et plusieurs autres phénomènes célestes inexpliqués jusqu'alors. Il nous suffira de faire voir ici, comment les deux premiers de ceux que nous venons de mentionner, peuvent être des suites de l'attraction.

Si les globes planétaires étaient assez éloignés entre eux, pour que leur attraction mutuelle fût absolument nulle, ils devraient suivre constamment la courbe qu'ils auraient une fois tracée au-

tour du soleil, et ne s'en écarter en aucune manière. Mais si leurs distances réciproques ne sont point assez grandes, s'ils peuvent avoir l'un sur l'autre quelque action sensible, alors il arrivera qu'ils se déplaceront mutuellement dans le ciel, et qu'ils suivront à chaque révolution une courbe différente de celle qu'ils avaient suivie dans la révolution précédente. L'attraction d'une planète sur une autre produira un dérangement plus sensible dans l'aphélie, parce qu'alors l'attraction solaire est à son *minimum*. Si donc lorsqu'une planète est en *A*, (*fig.* 28e), il se trouve dans son voisinage une autre planète X, qui l'attire de son côté; la première, pour obéir à cette nouvelle force, s'avancera, par exemple, jusqu'en *L*, et l'aphélie de son orbite sera transportée dans ce nouveau point; de façon que dans la révolution suivante elle tracera autour du soleil une nouvelle ellipse *L O l P*, semblable à la précédente, mais qui sera dans une autre position. L'effet sera le même que si celle-ci avait changé de place dans le ciel, en tournant sur le foyer *S*.

Supposons maintenant que *E B*, (*fig.* 32e), représente l'écliptique, ou l'orbite terrestre, *B A*, l'orbite d'une autre planète inclinée à l'écliptique, comme ces deux lignes le sont entre elles. L'action de la terre sur cette planète travaille continuellement à l'amener dans le plan de l'écliptique, puisqu'elle tend sans cesse à rapprocher ces deux

globes l'un de l'autre. Concevons donc que *A a* est la petite quantité dont l'attraction de la terre a fait descendre vers l'écliptique la planète qui était en *A*. L'orbite de cette planète aura donc passé de la position *A B*, dans la position *a b*, et son nœud sera venu de *B* en *b* : et comme son mouvement est censé se faire de *A* vers *B*, comme celui de la terre de *E* vers *B*, on voit que le nœud aura rétrogradé de la quantité *B b*.

C'est de la même manière que l'on explique la rétrogradation des nœuds de l'écliptique, qui produit la précession des équinoxes. Cet effet est attribué à l'attraction du soleil, et sur-tout de la lune sur la partie renflée de l'équateur terrestre. Les phénomènes que nous venons de considérer, auraient sans doute besoin d'une explication plus détaillée. Mais ceci suffit pour faire voir comment le principe de l'attraction a pu rendre raison de ce qu'il y avait de plus difficile à expliquer dans les mouvemens célestes. On en verra bientôt une nouvelle application, et l'on dira alors comment on a pu calculer la masse de tous les globes de notre monde. Car nous savons bien comment on a trouvé le volume du soleil et des planètes ; mais par quel moyen découvrir quelle est la quantité de matière contenue sous ces volumes ? C'est l'attraction qui a fourni la solution de ce problême, qui d'abord paraît absolument impossible, et qui le serait en effet, sans la découverte de ce principe fécond.

Nous connaissons la cause de l'accélération réelle, et du rallentissement vrai, qui arrivent dans la vîtesse des planètes. Il reste à expliquer les différentes altérations de leur mouvement, dont il a été question ci-dessus, et pour lesquelles Ptolémée avait imaginé ses *épicycles*. Puisqu'il est reconnu que nous ne sommes pas placés au centre des orbites des planètes, il est clair que nous ne pouvons pas juger comme il faut de la régularité de leur marche. D'ailleurs habitants d'un globe qui est lui-même en mouvement dans l'espace, comment ne verrions-nous pas celui des planètes diversement altéré, suivant nos différentes positions ? Dans les révolutions des planètes considérées relativement à la terre et au soleil, on distingue deux époques principales : ce sont les deux circonstances où une planète, le soleil et la terre se trouvent sur une même ligne, ou plutôt dans un même plan perpendiculaire à l'écliptique. A ces deux époques, les planètes *inférieures*, c'est-à-dire celles qui sont plus près que nous du soleil, de ce centre vers lequel pèsent ou gravitent tous les globes planétaires ; les planètes inférieures, dis-je, sont alors par rapport à nous, du même côté que le soleil, et dans la même partie du ciel. Mais elles peuvent être, ou au-delà de cet astre ; et dans ce cas elles sont dans leur *conjonction supérieure* : ou en-deçà ; et c'est alors leur *conjonction inférieure*. Quant aux planètes qui sont plus

éloignées que nous du soleil, elles peuvent être aussi, ou du même côté que lui; et alors elles sont à leur *conjonction* : ou dans la partie du ciel qui lui est diamétralement opposée; et l'on dit dans ce cas qu'elles sont dans leur *opposition.*

On appelle révolution *synodique* d'une planète, le temps qu'il lui faut pour venir dans la même position par rapport à la terre et au soleil. Cette espèce de révolution, comme il est évident, est bien différente de la révolution périodique, ou du temps qu'il faut à une planète pour faire tout le tour du ciel, par rapport au soleil. La révolution synodique de Mercure est de 115j 21h ; celle de Vénus, de 583j 22h ; celle de Mars, de 779j 22h; celle de Jupiter, de 398j 21h; celle enfin de Saturne, de 378j 2h ; et celle de Herschel, de 370 jours à peu-près. C'est-à-dire donc que Mercure ne se retrouve dans sa conjonction supérieure ou inférieure avec le soleil qu'après 116 jours environ; que Saturne revient à sa conjonction ou à son opposition, au bout de 378 jours. Ces définitions établies, venons à l'explication des inégalités apparentes que l'on a remarquées ci-dessus dans le mouvement des planètes.

Soit donc Vénus dans sa conjonction supérieure en *V*, (*fig.* 33e) ; la terre étant en *T*, à l'autre extrêmité de la ligne *V T*, et le soleil se trouvant placé en *S* entre ces deux planètes. Le mouvement de l'une et de l'autre se fesant de droite à gauche,

mais avec des vîtesses différentes, il est clair que dans cet état de choses, Vénus sera directe, ou qu'elle paraîtra aller, comme elle va réellement, d'occident en orient, en suivant l'ordre des signes. Car tandis qu'elle parcourt l'arc *V R*, la terre a avancé de *T* en *Q*; et Vénus qui répondait d'abord au signe du Cancer, a passé dans celui du Lion. Sa vîtesse dans ce cas paraîtra plus grande que si la terre eût été immobile; parce qu'allant dans le même sens, la vîtesse propre de notre globe contribue à augmenter en apparence celle de Vénus. Mais que cette planète soit supposée en *u*, dans sa conjonction inférieure; alors quoique son mouvement se fasse toujours de la même manière, comme elle va plus vîte que la terre, et qu'elle nous laisse ainsi en arrière, elle semblera marcher contre l'ordre des signes : elle sera donc *rétrograde* pour nous. Pour s'en convaincre, on n'a qu'à supposer que Vénus est arrivée au point *q* de son orbite, tandis que la terre n'est encore qu'en *Q* sur la sienne. Dans cette supposition, Vénus que nous voyions d'abord au signe du Cancer, dans la direction du rayon *T V*, sera vue alors dans les Gémeaux sur la ligne *Q D*; c'est-à-dire, qu'elle paraîtra avoir marché de gauche à droite, ou dans un sens contraire à celui de son premier mouvement; quoique dans le vrai elle ait toujours avancé dans le même sens. Enfin si lorsque la terre va de *Q* en *N*, Vénus avance

dans son orbite de q en n, cette planète étant vue pendant tout ce temps-là par des rayons parallèles entre eux, tels que $Q\ D$ et $N\ P$, paraîtra répondre toujours au même point du ciel ; et nous dirons alors qu'elle est *stationnaire*, quoiqu'elle ait continué d'avancer. L'on voit donc que les planètes inférieures sont *directes* aux environs de leur conjonction supérieure, *rétrogrades* autour de leur conjonction inférieure, et *stationnaires* au milieu à peu près de l'intervalle qui sépare les deux conjonctions. Ces points s'appellent les plus grandes *élongations*, parce que ces planètes paraissent alors les plus écartées du soleil qu'il est possible. Au reste, les mêmes changemens apparents de direction auraient également lieu dans le mouvement des planètes inférieures, lors même que l'on supposerait la terre immobile. Car étant placés hors des orbites qu'elles décrivent, et dans un assez grand éloignement, nous les verrions aller alternativement de droite à gauche, et de gauche à droite, et faire autour du soleil des oscillations semblables à celles d'un pendule ; quoique dans la réalité elles décrévissent autour de cet astre des orbites circulaires. Ce serait un effet nécessaire de notre position à leur égard. Le mouvement de notre globe ne fait donc que changer la durée et les époques de ces rétrogradations apparentes.

Quant aux planètes *supérieures*, il est facile de

voir qu'elles doivent être *directes* dans leur conjonction, et *rétrogrades* dans leur opposition. On n'a qu'à supposer dans la même figure, que la lettre *V* représente la terre, et *T*, quelqu'une des planètes supérieures, Jupiter, par exemple. Dans le temps de la conjonction, les deux planètes étant placées aux deux extrêmités d'un diamètre qui passe par le soleil, et marchant dans le même sens, Jupiter nous paraîtra aller, comme il va en effet, suivant l'ordre des signes. Mais dans le temps de l'opposition, lorsque la terre est en *u*, que les deux planètes sont ainsi du même côté par rapport au soleil, Jupiter doit paraître *rétrograde*, parce que la terre allant plus vîte, l'a bientôt dévancé et laissé derrière elle. L'effet apparent est alors le même, que si la terre étant tout-à-coup fixée, Jupiter marchait réellement dans un sens contraire à celui de son véritable mouvement. Entre les deux époques que nous venons de considérer, on voit qu'il y aura un temps pendant lequel les planètes doivent paraître sans mouvement, et répondre au même point du ciel: c'est-là le temps de leurs *stations*.

Les planètes inférieures seraient sujettes, comme on a dit, à des rétrogradations apparentes, quand même la terre serait immobile : mais cet effet ne saurait avoir lieu pour les planètes supérieures, sans le mouvement du globe terrestre. Si ce globe était en repos, et qu'il occupât toujours la même

portion de l'espace céleste, il est évident qu'étant placés dans l'enceinte que parcourent les planètes supérieures, nous les verrions marcher toujours dans le même sens; et quoique nous ne pûssions peut-être pas bien juger de la vîtesse réelle de leur mouvement, parce que nous ne serions pas placés au centre de leurs orbites, nous pourrions cependant toujours en appercevoir la véritable direction. Ainsi ces planètes nous paraîtraient en tout temps marcher suivant l'ordre des signes. Mais puisqu'il en va autrement, et que les planètes nous paraissent quelquefois aller dans un sens contraire à celui de leur mouvement réel, et que d'un autre côté ces rétrogradations apparentes sont, comme on vient de voir, un effet nécessaire du mouvement supposé dans le globe terrestre; l'on peut donc dire que les rétrogradations des planètes supérieures, qui s'expliquent si bien dans la supposition que la terre se meut, sont une très-forte preuve de la réalité de ce mouvement, et doivent achever de convaincre à cet égard tout esprit raisonnable.

CHAPITRE X.

De la Lune.

Il est temps enfin que nous nous occupions de notre lune : c'est après le soleil le corps céleste le plus remarquable, et celui qui nous intéresse le plus. Tâchons donc d'abord d'obtenir à son sujet des connaissances semblables à celles que nous avons acquises sur les autres astres. Pour peu que l'on observe la lune avec attention, on reconnaît aisément que l'astre qui nous éclaire pendant la nuit, n'est pas plus que les planètes, lumineux de son propre fonds ; et qu'il ne réfléchit vers nos yeux qu'une lumière qu'il a reçue d'ailleurs. En effet, il arrive quelquefois que la lune nous offre un disque parfaitement rond, et tout éclatant de lumière : plus communément ce disque est échancré plus ou moins ; et souvent elle ne nous éclaire qu'au moyen d'une très-petite partie de sa surface : tout le reste de cette surface que l'on peut encore alors appercevoir dans le ciel, malgré son obscurité, est presque absolument privé de toute lumière. Enfin la lune devient aussi quelquefois invisible, et semble s'être perdue dans les espaces célestes. D'après ces diverses apparences, l'on pourrait croire d'abord, comme quelques anciens, que la lune a une moitié lumineuse, et l'autre obscure,

cure ; et qu'elle nous présente alternativement l'une et l'autre. Mais l'on sait, qu'en certaines circonstances, dans le temps même qu'elle brille à nos yeux avec le plus d'éclat, sa lumière s'affaiblit presque tout-à-coup au milieu de la nuit, et s'éteint même tout-à-fait, pour se rallumer peu de temps après, et reparaître dans sa première splendeur : ce fait que nous expliquerons bientôt, prouve que la lune n'a point en elle-même la source de sa lumière ; mais qu'elle la reçoit de quelque astre plus brillant : et cet astre ne peut être que le soleil, seul principe de lumière dans notre monde.

L'on peut encore s'assurer de la même vérité, en observant la lune avec un télescope, dans le temps où elle ne nous présente qu'un croissant étroit et délié. L'on apperçoit alors en-deçà de la ligne qui termine le croissant quelques points éclairés ; et ces points ne le sont, et ne peuvent l'être, que parce qu'ils sont assez élevés sur la surface de la lune, pour recevoir les rayons du soleil, avant que les points intermédiaires et placés plus bas, puissent être éclairés par cet astre. Il y a plus : l'on peut même, au moyen du télescope, suivre les progrès de la lumière sur la surface de la lune ; voir les parties éminentes s'éclairer successivement ; leur ombre se projetter à l'opposite du soleil, et s'accourcir à mesure que les rayons deviennent moins obliques. L'on reconnaît enfin, à l'aide de cet instrument, que la partie qui est encore dans

l'obscurité, est la même que celle qui sera totalement éclairée à quelque temps de là : ce qui prouve de reste la fausseté de la supposition faite ci-dessus, des deux hémisphères, dont l'un serait obscur, et l'autre lumineux.

Il est donc bien certain que la lune est, comme la terre, un corps ténébreux par lui-même ; et qu'elle n'a d'autre lumière que celle qu'elle reçoit du soleil : mais ce n'est pas par ce seul endroit qu'elle ressemble à notre globe. La surface de la lune, comme on vient de l'observer, nous présente beaucoup d'inégalités. Elle est semée de différentes taches, qui semblent à la vue simple avoir quelque chose d'une tête humaine : du moins croit-on y appercevoir des yeux, un nez, une bouche. Mais vue avec une lunette, la lune n'offre rien de semblable : on y découvre seulement des taches très-multipliées, ou plutôt des parties, dont les unes sont plus obscures, et les autres au contraire jettent un éclat plus vif. Il en est donc de la lune comme il en serait de la terre, si nous pouvions l'appercevoir d'une assez grande distance. Les parties de la surface de notre globe les moins propres à réfléchir la lumière, comme les terres grasses, les bois, les grandes étendues d'eau, nous paraîtraient plus obscures ; tandis que les montagnes nues, et composées d'un roc vif et blanchâtre, nous paraîtraient au contraire plus claires et plus brillantes. C'est justement ce qui a lieu par rapport

à la lune. On y découvre des portions fort étendues, qui sont assez peu lumineuses, et qui semblent être de grands amas d'eau. On a même donné à plusieurs de ces parties obscures, le nom de *mers*: *mer des crises*, *mer de la tranquillité*, *mer de la sérénité etc.* Mais l'on y distingue aussi des points très-brillants et des traînées de lumière, que l'on croirait produites par quelques chaînes de montagnes, qui comme nos Alpes, seraient toujours couvertes par les neiges ou les glaces. On a donné à ces points brillants le nom des plus célèbres astronomes : Tycho, Hévélius, Copernic, Kepler, Grimaldi, etc. (*d'*)

L'on ne peut pas douter qu'il n'y ait beaucoup d'inégalités sur la surface de la lune. On y distingue évidemment des cavités et des parties éminentes, comme seraient nos vallons et nos montagnes. Les points lumineux qui se font appercevoir dans l'hémisphère qui n'est pas encore éclairé par le soleil, ne peuvent être que des sommités très-élevées au dessus de la surface de la lune. C'est ainsi que le soleil éclaire déjà le sommet de nos montagnes, tandis que la plaine ne reçoit encore aucun de ses rayons. Au reste il suffit d'avoir vu une seule fois la lune avec un bon télescope, pour n'avoir plus aucun doute à ce sujet. On y apperçoit distinctement des parties saillantes, et d'une très-grande hauteur, des chaînes de montagnes, des cavités profondes, au milieu desquelles

se trouvent en quelques endroits des pics très-élevés, et dont l'ombre est extrêmement sensible : de sorte qu'on ne peut pas se refuser à admettre l'existence des montagnes de la lune. (*e'*)

Non seulement on a reconnu que la lune avait des montagnes comme la terre : on est même allé jusqu'à mesurer leur hauteur. On aura d'abord de la peine à le croire : cependant la chose n'est pas aussi difficile qu'on pourrait l'imaginer. Supposons que le demi-cercle *B A D*, (*fig.* 34e), représente la moitié de la lune éclairée par le soleil, et *M* une de ses montagnes placée dans la moitié obscure. A l'instant où le sommet de cette montagne est frappé des premiers rayons du soleil ; au moment même qu'il commence à devenir visible pour nous, on mesure avec toute la précision possible l'intervalle *M B*, qui le sépare de la partie éclairée *B A D*; et en comparant cette distance au diamètre connu de la lune, on en conclut l'élévation de la montagne *M* au dessus de la surface de cet astre. L'on a trouvé ainsi que certaine montagne de la lune devait avoir au moins une bonne lieue de hauteur, ou 2643 toises.

La surface de la lune étant couverte d'inégalités, l'on peut être surpris que le bord éclairé de cet astre paraisse toujours uni et parfaitement terminé. Il semble que nous devrions le voir inégal et dentelé, à peu-près comme les montagnes qui bornent notre horison. Mais premièrement l'on a apperçu

quelquefois les dentelures du bord de la lune, dans les éclipses de soleil qui sont produites, comme on verra bientôt, par l'interposition du corps de la lune. En second lieu, nous ne sommes point placés pour voir les inégalités de la lune, comme nous le sommes, pour voir celles de nos montagnes. Supposons qu'au lieu de les voir sur le ciel qui sert de fond au tableau, nous nous élevons assez au dessus de la terre, pour les voir rangées les unes au devant des autres : alors leurs inégalités se recouvriront mutuellement à nos yeux ; et l'on conçoit qu'à une certaine distance, ces inégalités ne seraient plus sensibles pour nous. Or c'est là le cas de la lune. Le bord éclairé de cet astre est sans doute hérissé de montagnes comme le reste de sa surface : mais à cause de l'épaisseur du globe lunaire et de sa convexité, ces inégalités sont effacées par celles qui sont placées devant par rapport à nous ; de façon qu'il en résulte à nos yeux l'apparence d'un bord non interrompu et parfaitement uni.

L'on sait qu'il y a des montagnes dans la lune : mais l'on ignore s'il y a des eaux à sa surface. Les astronomes ont bien soupçonné que quelques-unes de ses parties les moins lumineuses étaient des amas d'eau. Ils ont même donné à ces taches le nom *de mers*, comme on l'a déjà dit. Mais ce ne sont là que des conjectures, et l'on peut même dire qu'elles ne sont guère fondées. En effet,

s'il y avait des eaux à la surface de la lune, ces eaux, à ce qu'il semble, devraient s'élever en vapeurs par l'action du soleil. Elles formeraient donc des nuages qui flotteraient dans l'atmosphère de la lune, et se dissiperaient ensuite en pluie. Or il paraît certain qu'il ne s'élève jamais de nuage dans la lune : on peut même douter qu'elle ait une atmosphère.

Quelques physiciens ont prétendu prouver l'existence d'une atmosphère autour de la lune, en se fondant sur des observations au moins très-suspectes. Il est arrivé quelquefois, dit-on, que la lune a perdu tout-à-coup sa lumière, dans un temps où il ne pouvait pas y avoir d'éclipse ; et ce n'était pas les vapeurs condensées de notre atmosphère, qui la dérobaient aux yeux : car on continuait d'appercevoir les étoiles, tandis que la lune était devenue invisible. Quelle pouvait donc être, ajoute-t-on, la cause de cet étrange phénomène, sinon l'épaississement de l'atmosphère même de la lune ? Telle est l'explication qu'on a donnée d'un fait au moins très-équivoque ; et l'on n'a pas fait attention, que si cette atmosphère pouvait s'épaissir suffisamment pour nous dérober la vue de la lune, elle deviendrait alors capable de réfléchir la lumière du soleil, tout comme l'aurait fait le globe même de cette planète. Ces prétendues observations, et l'explication qu'on en donne, ne sauraient donc prouver l'existence d'une atmosphère lunaire.

Plusieurs astronomes ont remarqué qu'on voyait encore pendant une ou deux secondes sur le disque de la lune, une étoile qui aurait dû être cachée par cet astre. Le rayon de lumière qui vient de l'étoile à notre œil, éprouve donc une inflexion, en passant auprès du bord de la lune : c'est une déviation semblable à celle que subissent les rayons qui pénètrent dans notre atmosphère : d'où il semble que l'on pourrait conclure que la lune a aussi son atmosphère. Mais cette inflexion ne pourrait-elle pas avoir lieu sans cela ? On sait que les rayons de lumière se courbent ainsi en passant auprès des corps solides autour desquels nous ne connaissons point d'atmosphère. D'ailleurs l'irradiation de la lumière ne peut-elle pas encore être la cause de cet effet ? Les corps lumineux paraissant plus grands qu'ils ne sont en effet, on adjuge toujours au disque de la lune et à l'étoile, plus d'étendue qu'ils n'en ont dans la réalité. L'observation rapportée ne prouve donc pas que la lune soit, comme la terre, environnée d'une atmosphère.

Mais il semble qu'il ne devrait plus y avoir de doute à ce sujet, quand on sait que la lune nous offre constamment les mêmes taches, disposées de la même manière, et qu'on n'apperçoit jamais le moindre changement à sa surface. Une atmosphère et des nuages qui flotteraient dans cette atmosphère, qui se formeraient et se dissoudraient

alternativement, devraient nous offrir des apparences mobiles et changeantes comme eux. Nous avons découvert dans la planète de Jupiter, quoiqu'infiniment plus éloignée de nous, des changemens de scène très-fréquents et très-sensibles. Rien de semblable dans la lune : tout y paraît être dans un état fixe et immuable. Or cette constante uniformité répugne avec l'idée que nous nous fesons d'une atmosphère, et sur-tout avec l'idée des usages que nous lui attribuons. Cependant on croit avoir découvert récemment quelques indices de mouvement dans cet astre. Le célèbre Herschel y a apperçu des points très-lumineux, qui n'ont brillé que pendant un temps assez court : il soupçonne que ce sont des volcans qui jettent des flammes par intervalles. Si cela est ainsi, voilà entre la lune et la terre un nouveau trait de ressemblance, et une preuve en même temps, qu'il existe du mouvement dans un globe qui paraissait condamné à une entière inertie. (*f'*)

La lune a une figure sphérique comme tous les corps célestes que nous avons considérés jusqu'ici ; c'est une chose qui est prouvée complettement par la manière dont ses différentes parties sont successivement éclairées par le soleil. Si, comme ce dernier astre, elle nous paraît applatie en forme de disque, c'est que la convexité de son globe ne peut pas être apperçue à cause de l'éloignement.

La distance de la lune est, de toutes les distances célestes, la plus exactement connue : c'est que cet astre est aussi de tous les astres, le plus voisin de la terre, et celui par conséquent dont la parallaxe est la plus grande. Pour peu que deux observateurs soient éloignés sur la terre, ils voient la lune répondre à deux points du ciel assez différents entre eux. (g') La parallaxe horisontale de la lune, dans ses moyennes distances, (car elle peut être plus ou moins près de la terre) est de 58 minutes et 3 secondes : c'est là la valeur de l'angle formé au centre de la lune, par deux rayons tirés, l'un du centre de la terre, et l'autre du point de sa surface qui voit cet astre à l'horison. Ce serait aussi la grandeur du rayon terrestre, pour un observateur qui serait placé dans la lune. L'on a vu ci-dessus que cette parallaxe n'était pour le soleil que de 8 secondes et demie : celle de la lune étant donc 400 fois plus grande, il suit que la lune est 400 fois plus près de nous que le soleil, et que sa distance moyenne à la terre n'est que de 86,324 lieues. L'on est assuré que sur cette étendue, il ne peut pas y avoir 50 lieues d'erreur, ce qui ne fait pas la 1726e partie du tout. La parallaxe de la lune est quelquefois plus grande, et peut même aller jusqu'à 61^m et 25^s. Elle est aussi souvent plus petite, et peut descendre au dessous jusqu'à 53^m 53^s : ce qui fait varier les distances de la lune à la terre, depuis 80 mille lieues environ, jusqu'à 91 mille.

L'éloignement de la lune étant connu avec tant de précision, il a été facile de trouver la grosseur réelle de son globe. Son diamètre apparent est à peu près égal à celui du soleil : il est dans les plus grandes distances, de $29^m\ 55^s$; et de $33^m\ 34^s$, dans les plus petites. Mais la lune est 400 fois plus près de nous : son diamètre réel ne sera donc que la 400ᵉ partie de celui du soleil ; c'est-à-dire, qu'il sera de 782 lieues. C'est environ le quart, ou plutôt les trois onzièmes du diamètre de la terre. Le globe de la lune n'est donc que la 49ᵉ partie à peu près du globe terrestre. Transporté à la distance du soleil, il n'occuperait dans le ciel qu'un espace de 4^s et 64 centièmes ; tandis que la terre vue dans cet éloignement, aurait encore un diamètre de 17 secondes. La lune est le plus petit de tous les corps célestes considérés jusqu'ici : car le diamètre moyen de Mercure, qui est la plus petite des planètes, est de 7 secondes, comme on l'a vu ci-dessus ; et ce même diamètre exprimé en lieues, en contient 1180. Si la lune nous paraît plus grande qu'aucune planète, c'est uniquement parce qu'elle est beaucoup plus près de nous.

La lune se lève et se couche en apparence, comme tous les astres : il est clair qu'elle doit être affectée comme eux, par le mouvement journalier de la terre. Mais de plus, elle a un mouvement très-réel qui la transporte dans le ciel d'occident en orient, et qui lui fait parcourir tous les signes

du Zodiaque en très-peu de temps. Si l'on observe aujourd'hui quelle est l'étoile qui passe au méridien en même temps que la lune, demain on trouvera que cette planète arrivera au méridien 48 à 50 minutes après l'étoile. Elle aura donc dans l'espace d'une révolution de la terre sur elle-même, avancé de 12 degrés et demi environ du côté de l'orient : car trois quarts d'heure de temps répondent à cette quantité. Mais l'on peut encore, dans l'intervalle du lever au coucher, reconnaître la réalité de ce mouvement, qui emporte la lune suivant l'ordre des signes, et lui fait parcourir un demi-degré par heure. Il n'y a pour cela qu'à la comparer avec quelque étoile, qui en soit très-voisine ; et l'on verra la lune s'en éloigner de plus en plus, si l'étoile est plus occidentale ; ou s'en rapprocher toujours davantage, si elle est du côté de l'orient. Il pourra même se faire que la lune, en s'approchant ainsi de l'étoile, vienne à l'éclipser, à nous en dérober la vue pendant quelque temps. Dans ce cas, on verra reparaître l'étoile vers le bord occidental de la lune ; ce qui sera une preuve, on ne peut pas plus sensible, du mouvement réel de cette planète, d'occident en orient : car les étoiles, comme nous savons, n'ont d'autre mouvement que celui par lequel elles paraissent tourner avec le ciel, d'orient en occident en 24h.

La lune traverse tout le Zodiaque dans l'espace

de 27^{j} 7^{h}, et un peu plus de 43 minutes. La rapidité de ce mouvement, jointe à la proximité de la lune, nous fait voir que ce n'est pas autour du soleil qu'il s'exécute, et qu'il doit avoir un autre centre; et ce centre ne peut être autre chose que le globe terrestre. En effet ces deux globes étant si voisins l'un de l'autre, il fallait bien que le plus petit obéît au plus gros, celui qui a moins de force attractive, parce qu'il a moins de masse, à celui qui, à raison d'une masse plus grande, doit exercer une attraction plus puissante. Voilà donc enfin un astre qui nous demeure soumis; et c'est le seul de tant de milliers que notre vanité avait prétendu s'assujettir.

La lune fait donc en 27 jours et quelques heures une révolution entière autour de la terre. Elle tourne donc, comme on voit, avec une assez grande rapidité, et ne peut être retenue dans son orbite, que par une force émanée du globe terrestre, et semblable à celle qui retient les planètes autour du soleil. C'est ainsi qu'on l'a vu, la pesanteur même diminuée dans le rapport inverse du quarré de la distance. Sans cette force continuellement agissante, la lune, dês le premier moment se serait éloignée à jamais de la terre; et réciproquement si son mouvement de translation était arrêté tout-à-coup, cette planète, quelque part qu'elle fût placée dans le ciel, commencerait à tomber vers la terre, avec une vîtesse qui s'accélérerait conti-

nuellement, comme celle des corps graves : le temps de sa chûte serait de 4 jours et 20 heures. Il en est donc de la lune par rapport à la terre, comme de celle-ci par rapport au soleil. La lune décrit aussi une espèce d'ellipse autour de notre globe ; et sa vîtesse, ainsi que sa distance, varient de même dans le cours d'une révolution. Mais il y a cette différence, que le soleil qui est au foyer de l'ellipse que trace la terre, est immobile, ou à peu près ; tandis que la terre qui est au foyer de l'orbite lunaire, est elle-même transportée autour du soleil. La courbe que suit la lune dans le ciel, n'est donc point, à cause de cela, aussi simple à beaucoup près, que celles que décrivent les planètes. On la considère ordinairement comme une ellipse à foyer variable. (*h'*)

Outre la mobilité de la terre, il y a encore une autre cause qui rend l'orbite lunaire plus compliquée et plus difficile à décrire. Quoique la lune soit principalement soumise à notre globe, elle n'est pas pour cela indépendante de l'attraction du soleil. Cette action qui s'exerce avec tant de force sur la terre, n'est pas moins puissante sur la lune. Le roi des astres maîtrise à la fois l'une et l'autre, et les tient toutes les deux sous son empire. Mais comme les positions de la lune par rapport au soleil et à la terre, changent continuellement, les effets de l'attraction solaire seront sujets aussi à beaucoup de variations. Dans certains cas,

l'action du soleil concourra à augmenter celle de la terre, et dans d'autres elle la diminuera; ce qui fera que la distance de la lune sera moindre dans le premier cas, et qu'elle sera augmentée dans le second. Si la lune, par exemple, se trouve entre nous et le soleil, alors étant plus près de l'astre central que la terre, elle en sera plus fortement attirée: elle s'éloignera de nous, et son orbite s'allongera de ce côté. La même chose arrivera, lorsqu'elle se trouvera dans le point diamétralement opposé; parce qu'alors ce sera la terre qui éprouvera de la part du soleil une attraction plus forte, et qui s'éloignera de la lune pour cette raison: ce qui fera toujours paraître l'orbite de cette planète plus allongée dans le même sens. Mais lorsque la terre et la lune sont à côté l'une de l'autre par rapport au soleil, ou que leur distance à cet astre est la même, alors l'action solaire est bien aussi la même sur ces deux globes, quant à son intensité: mais les directions suivant lesquelles cette action se fait sentir, étant inclinées l'une à l'autre, il arrive qu'une partie de l'attraction solaire est employée à approcher la lune de la terre; qu'elle favorise ainsi l'attraction de notre globe sur la lune, et contribue à applatir l'orbite de cette dernière dans ces circonstances. Enfin il est aisé de voir que les différentes combinaisons de ces deux forces, qui s'entraident et se contrarient alternativement, doivent rendre l'orbite de la lune fort compliquée et fort irrégulière.

Le temps que met la lune à parcourir tous les signes du Zodiaque, s'appelle *sa révolution périodique*. Mais la lune a encore, comme les planètes, une *révolution synodique*, dont la durée est différente de celle de la première. Tandis que la lune parcourt les 360 degrés de son orbite, car on peut la considérer comme un cercle pour l'objet présent, la terre avance dans l'écliptique d'un certain nombre de degrés. Ainsi la lune, au bout d'une révolution périodique, ne se retrouve plus par rapport au soleil dans la même position où elle était à la fin de la révolution précédente. Il faut donc qu'elle continue d'avancer pour revenir au même aspect, de toute la quantité dont la terre a elle-même avancé vers l'orient dans cet intervalle de temps. Dans 27 jours, la terre fait environ 27 degrés de l'écliptique ; et pour 27 degrès, il faut à la lune un peu plus de 2 jours : ce ne sera donc qu'au bout de plus de 29 jours qu'elle aura rejoint le soleil, et qu'elle se retrouvera dans la même situation par rapport à lui et à nous. Cette dernière espèce de révolution que l'on appelle *révolution synodique*, ou *lunaison*, est de $29^{j}\ 12^{h}\ 44^{m}$ à très-peu près.

C'est pendant le cours d'une lunaison que la lune nous offre ses différentes *phases*. On entend par ce mot les apparences sous lesquelles elle se montre à nos yeux dans les différentes époques de sa révolution synodique. Puisque la terre est au

centre de l'orbite lunaire, il doit arriver que la lune se trouve par rapport à nous dans chacune de ses révolutions, ou du même côté que le soleil; ce que l'on appelle sa *conjonction* : ou du côté opposé; ce qui est l'*opposition* : ou enfin dans des aspects qui tiennent justement le milieu entre ces deux-là, et auxquels on a donné le nom de *quadratures.* Or la lune étant un corps obscur par lui-même, et qui n'a d'autre lumière que celle que le soleil lui envoye, ne pouvant d'ailleurs avoir qu'une moitié de sa surface éclairée, tandis que l'autre moitié est plongée dans les ténèbres, et livrée à son obscurité naturelle; il est aisé de voir qu'elle doit nous paraître sous différentes formes, suivant ses diverses positions par rapport à nous.

Au moment où la lune passe entre la terre et le soleil, la moitié éclairée par cet astre étant toujours tournée vers lui, ce sera la moitié obscure qui sera tournée de notre côté: la lune sera donc alors invisible pour nous. C'est la *conjonction*, ou la *nouvelle lune.* Dans ce cas, ce n'est pas seulement la grande lumière du soleil, avec lequel elle se trouve, qui nous empêche de la voir : nous ne la verrions pas davantage, quand même nous pourrions nous garantir de l'impression trop vive de la lumière solaire; puisque c'est l'hémisphère obscur qui est alors tourné vers nous. Le temps pendant lequel la lune nous demeure ainsi cachée, est de 3 à 4 jours, parce qu'un jour ou deux avant et

après

après la conjonction, elle est réduite à un si petit trait de lumière, ou la portion de son hémisphère éclairé que nous pourrions appercevoir est si peu de chose, et tellement offusquée par la proximité du soleil, qu'elle échappe aux yeux les plus fins : cependant on peut l'appercevoir encore dans cette circonstance avec une bonne lunette.

Deux ou trois jours après la conjonction, la lune cheminant avec plus de vîtesse que le soleil du côté de l'orient, s'en est par conséquent bientôt séparée ; et l'on commence à l'appercevoir le soir du côté du couchant, peu après que le soleil est descendu sous l'horison. Elle était bien dans le ciel en même temps que cet astre, s'étant levée à sa suite ; mais la faiblesse de sa lumière empêchait qu'on ne la remarquât ; et elle n'est devenue visible que lorsque le soleil s'est retiré. A cette époque la lune a la forme d'un croissant, dont les pointes sont tournées vers l'orient, et la convexité du côté du couchant où est le soleil. Cette forme lui vient de ce que nous ne pouvons encore appercevoir qu'une petite portion de l'hémisphère éclairé par le soleil. On dit aussi dans ce cas que la lune est dans son *croissant*.

Environ 7 jours après la conjonction, elle est déjà assez éloignée du soleil, pour en être à 90 degrés, ou à un quart de circonférence. La lune passe alors au méridien quand le soleil se couche : elle est à sa première quadrature, ou à son *pre-*

nier quartier. Elle a l'apparence d'un demi-cercle entièrement éclairé : parce qu'en effet nous voyons alors toute une moitié de la face qui regarde le soleil.

A mesure que la lune continue d'avancer dans son orbite, elle s'éloigne de plus en plus du soleil ; elle nous présente toujours une portion plus grande de sa moitié lumineuse : son disque se remplit et s'arrondit de plus en plus : son lever se rapproche toujours davantage du moment où le soleil se couche. Enfin elle parvient à 180 degrés de cet astre : elle se trouve en opposition avec lui : elle nous montre tout l'hémisphère qui est illuminé par le soleil : elle nous présente un disque parfaitement rond et tout éclatant de lumière. C'est alors que la lune est *pleine*, et qu'elle paraît au bord de l'horison du côté du levant, tandis que le soleil disparaît dans la partie opposée.

A compter de l'opposition, la lune qui continue d'avancer dans son orbite, commence à se rapprocher du soleil : l'hémisphère lumineux s'échancre d'abord, et perd de plus en plus de sa forme circulaire, jusqu'à ce qu'il soit réduit à un demi-cercle, comme dans le premier quartier. Ceci arrive quand la lune s'est éloignée du soleil de 270 degrés du côté de l'orient, ou qu'elle n'en est plus qu'à 90 degrés du côté de l'occident : c'est là le *dernier quartier*, ou la seconde quadrature. Le lever de la lune qui a retardé continuellement

sur le coucher du soleil depuis l'opposition, concourt alors avec le passage de cet astre par le méridien inférieur.

Après le dernier quartier, la lune reprend la forme d'un croissant, dont la convexité est tournée vers le levant, c'est-à-dire, vers le soleil, et dont les pointes regardent le couchant. La largeur du croissant diminue de plus en plus : le lever de la lune se rapproche continuellement de celui du soleil ; et enfin elle se perd dans les rayons de cet astre, et redevient invisible pour nous. Telles sont les phases de la lune dans le cours d'une lunaison ; et les différentes formes qu'elle prend à nos yeux viennent de ce que sa moitié, éclairée par le soleil, se présente à nous sous différents aspects. (*i'*)

Quoiqu'il n'y ait avant le premier quartier et après le dernier, qu'une petite portion de l'hémisphère tourné vers nous qui soit éclairée, on ne laisse pourtant pas que de l'appercevoir tout entier dans le ciel, au moyen d'une lumière faible, que l'on appelle *lumiere cendrée.* Cette lumière est produite par celle que la terre elle-même réfléchit sur le disque de la lune, et qui revient ensuite à nous, mais extrêmement affaiblie. Si nous étions placés dans la lune, sur l'hémisphère qui nous regarde, la terre offrirait à nos yeux les mêmes phases que la lune présente à l'habitant du globe terrestre. Il nous semblerait que c'est la

terre qui tourne autour de la lune : nous lui verrions parcourir tous les signes du Zodiaque en 27 jours, et achever une révolution synodique en 29 jours et demi. Nous aurions *nouvelle terre*, quand la terre serait entre nous et le soleil ; ou ce qui est la même chose, dans le temps que nous avons ici-bas *pleine lune*. Ce serait *pleine terre* pour nous quand la terre et le soleil seraient en opposition, c'est-à-dire, quand la lune est *nouvelle* pour la terre. Enfin il est si constant que dans ce nouveau séjour, toutes les apparences seraient absolument les mêmes pour nous, que quelques savants ont mis en question ; si c'est la lune qui tourne autour de la terre, ou si ce n'est pas plutôt la terre qui circule autour de la lune. Cette question est déjà résolue par la comparaison seule de la grosseur de ces deux globes.

Une chose très-importante à remarquer au sujet de la révolution synodique de la lune, c'est que dans le même temps que cette planète emploie pour faire une révolution de cette espèce autour de la terre, elle en fait aussi une sur elle-même, et dans le même intervalle de temps, par rapport au soleil. En effet la lune nous présente constamment la même face dans tous les temps : la moitié qui est tournée vers nous dans les nouvelles lunes, et qui est alors totalement privée des rayons du soleil, est la même que nous voyons si brillante de lumière dans les pleines lunes. C'est une chose

dont on peut s'assurer lorsque le disque de la lune n'est visible qu'au moyen de la lumière cendrée. L'on remarque alors sur ce disque faiblement éclairé, les mêmes taches que sur le disque brillant des pleines lunes. Or si la même face est en tout temps tournée vers nous, il faut bien que les différentes parties du globe de la lune se présentent successivement au soleil dans le cours d'une révolution synodique ; et puisque cette révolution dure 29 jours et demi, la rotation de la lune sur son axe sera donc de la même durée. Chacun peut se convaincre de ce que nous disons ici sur la rotation de la lune, par une expérience fort simple. Qu'on place au milieu d'une chambre un objet isolé, comme serait un fauteuil ; et mettant quelque part, sur la cheminée ou sur une table, une bougie allumée, que l'on tourne autour du fauteuil, en le regardant toujours, et l'on verra que l'on aura alternativement la face ou le dos tourné vers la lumière. Quand on aura achevé une révolution autour du fauteuil, on aura réellement fait un tour sur soi-même par rapport à la bougie, tout comme si l'on avait pirouetté sur un pied, sans changer de place.

Le mouvement de la lune sur son axe a dû produire sur le globe de cette planète un effet semblable à celui que la rotation diurne a opéré sur le globe terrestre : c'est-à-dire, que le globe lunaire a dû s'élever à son équateur, et s'applatir

vers ses poles. Mais la quantité dont sa figure a pu être altérée par-là, doit être bien moindre que celle que nous avons remarquée dans la terre. En effet le diamètre de la lune n'est guère que le quart du diamètre terrestre. Ainsi en supposant qu'elle tournât sur elle-même en 24 heures, comme la terre, la vîtesse de son équateur ne serait que le quart de la vîtesse du nôtre ; et la force centrifuge qui résulterait de ce mouvement de rotation, serait aussi quatre fois plus petite que celle qui a lieu à l'équateur terrestre. Mais, comme on vient de voir, la lune ne fait un tour sur elle-même qu'en 29 jours et demi. La vîtesse de son mouvement de rotation est donc encore à cet égard près de 30 fois plus petite que celle de notre globe. Or la force centrifuge est en raison des quarrés des temps périodiques. Donc sous ce point de vue, la force centrifuge à l'équateur lunaire, sera 900 fois moindre que celle qui s'observe à l'équateur terrestre. D'un autre côté, elle n'en est que le quart, à raison de la différence de grosseur : l'on peut donc dire que la force centrifuge qui résulte de la rotation de la lune, est 3600 fois environ plus petite que celle qui naît du mouvement diurne de la terre. Mais celle-ci n'a produit dans les diamètres terrestres qu'une différence de 8 à 9 lieues environ : la différence des diamètres de la lune ne serait donc plus sur ce pied-là que la 3600e partie de ces 8 à 9 lieues ; ce qui ne vaut

pas 6 toises. Il n'est donc pas surprenant que nous ne puissions pas appercevoir une différence aussi petite ; et que le disque de la lune nous paraisse parfaitement circulaire. Cependant les astronomes pensent que la lune n'a point une forme exactement sphérique. Ils la croient allongée de la même manière, mais moins sensiblement qu'un œuf. Notre œil ne peut appercevoir cet allongement, parce que le grand axe de l'ellipse est toujours tourné directement vers nous ; et que nous ne pouvons voir que le plan circulaire qui le coupe par le milieu. Cette idée que les astronomes se font de la figure de la lune, est une suite du système de l'attraction. C'est l'attraction de la terre qui a occasionné cet allongement de la lune, dans le sens du diamètre qui est dirigé vers nous. Newton a trouvé que ce diamètre devait être de 280 pieds plus long que ceux qui lui sont perpendiculaires.

La rotation de la lune sur son axe ne s'achevant qu'au bout de 29 jours et demi, il suit que dans cette planète les jours et les nuits ont une durée égale à celle de quinze de nos jours à peu près : au moins quand le soleil répond à l'équateur lunaire. C'est ce qui arriverait pour nous, si notre globe employait 29 fois et demi 24 heures pour faire un tour entier sur lui-même. L'égalité parfaite qui existe entre la durée d'une révolution synodique de la lune, et celle d'une révolution sur son axe, est un phénomène singulier, et dont on

ignore la cause. C'est le seul de cette espèce que nous connaissions; quoique peut-être, comme on verra plus bas, il puisse se répéter dans quelque autre région du ciel. (*l'*)

Une autre singularité qui résulte de celle que nous venons de faire remarquer, c'est qu'il y a une moitié de la lune que nous ne voyons jamais, et à qui nous sommes pareillement inconnus. Cependant celle-là reçoit aussi à son tour l'influence du soleil : mais elle doit être pendant les quinze jours où elle est privée des rayons de cet astre, plongée dans les ténèbres les plus profondes; puisqu'elle ne reçoit pendant tout ce temps-là d'autre lumière que celle des étoiles. La partie de la lune qui nous est toujours cachée, n'est pas tout-à-fait égale à la moitié de son globe. Premièrement, à cause qu'elle peut s'élever au dessus du plan de l'écliptique, ou s'abaisser au dessous de quelques degrés; ce qui nous découvre des parties de sa surface que nous n'eussions pu voir, si elle eût fait sa révolution dans le même plan que la terre. En second lieu, l'accord qui existe entre le mouvement de rotation et celui qui transporte la lune autour de nous, n'est pas aussi parfait qu'on l'a supposé. L'attraction solaire, comme on l'a observé plus haut, produit dans ce dernier mouvement des inégalités; tandis que l'autre est toujours parfaitement égal et uniforme : ce qui fait que la lune est quelquefois plus, et d'autres

fois moins avancée dans son orbite qu'elle ne l'aurait été sans cette cause. Il suit de là qu'elle paraît avoir une espèce de balancement sur son axe, par lequel elle nous découvre alternativement de nouvelles parties de sa surface. Ce balancement s'appelle *libration* : il peut aller jusqu'à un 8e de la largeur du disque lunaire.

Les phases de la lune dont on vient de donner l'explication, sont ce qu'il y a de plus frappant dans le ciel, et ce que les premiers hommes dûrent observer d'abord. Ils s'en servirent donc pour mesurer le temps. Les durées de chaque phase étant à peu près de sept jours, ils comptèrent par périodes composées du même nombre de jours : ce furent les *semaines*. Un mois fut la durée entière d'une lunaison. Ainsi les mois furent alternativement de 29 et de 30 jours. Douze de ces mois firent une année. L'année eut donc 354 jours ; c'est-à-dire, qu'elle fut de onze jours plus courte que l'année solaire. Mais comme c'est le soleil qui règle le retour des saisons, il est clair qu'une même saison devait parcourir successivement toutes les parties de l'année lunaire ; que l'été par exemple, ayant concouru avec le commencement de l'une de ces années, devait tomber ensuite au milieu, ou à la fin d'une autre. Pour remédier à ce défaut de correspondance, on fit des années lunaires de 13 mois. Les onze jours dont l'année solaire excède l'année lunaire, font

plus d'un mois au bout de 3 ans. L'on donna donc un mois de plus à la 3e année ; et l'on fit de même pour les années suivantes, en tenant toujours compte des jours de surplus, pour en composer un nouveau mois, lorsque leur nombre était suffisant. Les astronomes anciens ont fait beaucoup de tentatives pour accorder le mouvement du soleil avec celui de la lune ; et ils ont en effet trouvé plusieurs périodes *luni-solaires*, dont la plus fameuse est celle de 19 ans, qui ramène au bout de ce temps-là les nouvelles lunes aux mêmes époques à peu près de l'année solaire. Cette période n'étant pas parfaitement exacte, on imagina, sous Grégoire XIII, la méthode des *épactes*, pour la corriger. L'on peut voir dans le traité du calendrier de Rivart, ce que l'on entend par *épacte*, et quel est l'usage qu'on en fait dans le calendrier romain; de même que ce qui regarde le *nombre d'or*. (*k'*) Nous n'en dirons pas davantage sur ce sujet; et nous passerons de suite à ce que peut nous offrir de remarquable la courbe que la lune décrit autour de nous.

Nous avons déjà observé que l'orbite de la lune n'est point dans le plan de l'écliptique : elle lui est inclinée de 5 degrés et 8 minutes environ. La lune s'écarte donc dans chaque révolution de 5 degrés au dessus, et de 5 degrés au dessous de l'écliptique. C'est là aussi la plus grande latitude qu'elle puisse avoir. Quand la lune est aux points

où son orbite coupe le plan de l'écliptique, alors sa latitude est nulle. Ces points sont ce qu'on appelle les *nœuds* : il y en a deux qui sont diamétralement opposés : on les distingue en *nœud ascendant*, et *nœud descendant*. Les raisons de ces dénominations sont les mêmes que celles apportées plus haut, en parlant des nœuds des planètes.

Les nœuds de la lune ne répondent pas toujours aux mêmes points du ciel. Ils changent au contraire continuellement de place, ainsi que les nœuds de toutes les orbites planétaires : mais tandis que le mouvement de ceux-ci est fort lent, qu'il n'est au plus que de quelques degrés par siècle ; celui des nœuds de la lune se fait au contraire avec une grande rapidité, et il est de près de deux degrés par mois. Si, par exemple, l'orbite lunaire rencontre ce mois-ci l'écliptique au 1er degré du bélier, dans 18 mois elle la rencontrera au 1er degré des poissons. Les nœuds de la lune auront donc rétrogradé d'un signe, ou de 30 degrés dans cet espace de temps. Ainsi au bout de 18 ans ils auront fait tout le tour du ciel. La durée de leur révolution est plus exactement de 18 ans et 228 jours. Le nœud ascendant de la lune concourait avec le premier degré du bélier au dernier jour de l'an IX, ou au 22 septembre 1801 : ce qui suffit pour trouver sa situation en tout temps. Il faut remarquer que ce mouvement des nœuds de la lune se fait contre l'ordre des signes, aussi bien que

celui des nœuds des planètes ; et qu'il est pareillement dû à l'attraction du globe terrestre sur le globe lunaire.

Les dérangemens que la lune éprouve sans cesse dans ses révolutions autour de la terre, font varier continuellement la position de son orbite sur le plan de l'écliptique ; de façon que l'angle d'inclinaison est quelquefois un peu plus grand que 5 degrés, 8 minutes, et d'autres fois un peu plus petit. La différence peut aller à 8 minutes en plus et en moins : mais la position de l'orbite lunaire par rapport à l'équateur peut varier bien davantage. En 1801, le nœud ascendant de la lune s'est rencontré avec l'équinoxe du printemps ; de sorte que dans ses plus grandes latitudes, qui étaient en même temps ses plus grandes déclinaisons, la lune s'écartait de l'équateur de 28 degrés et demi. Neuf ans après, en 1810, le nœud ascendant se trouvera dans l'équinoxe d'automne : la lune, en s'élevant au dessus de l'écliptique, se rapprochera de l'équateur, et n'en sera plus, dans sa plus grande latitude, qu'à 18 degrés et demi. Il peut donc ainsi y avoir 10 degrés de différence dans l'inclinaison de l'orbite de la lune par rapport à l'équateur, et par conséquent dans la quantité dont elle peut s'approcher ou s'éloigner de notre zénith.

La distance de la lune à la terre est aussi sujette à beaucoup de variations. La courbe qu'elle dé-

crit autour de nous a la forme elliptique comme toutes les orbites planétaires. On y distingue donc aussi deux *apsides*, qui s'appellent ici *périgée* et *apogée*. Ces deux points de la plus petite et de la plus grande distance, ont aussi un mouvement dans le ciel, plus rapide encore que celui des nœuds ; mais qui se fait suivant l'ordre des signes. On reconnaît les lieux de l'apogée et du périgée, en observant les diamètres apparents de la lune. Lorsque ce diamètre est le plus petit possible, ou de 29 minutes et demie, la lune est alors à sa plus grande distance, ou dans son apogée. Elle est à sa moindre distance, ou à son périgée, lorsque ce diamètre a le plus de grandeur apparente, ou qu'il est de 33 minutes et demie. En observant la lune pendant plusieurs révolutions successives, on reconnaît bientôt que les lieux de l'apogée et du périgée changent de place à chaque lunaison ; et qu'ils avancent d'occident en orient de 3 degrés à chaque fois. Ils font donc ainsi une révolution entière dans l'espace de 9 ans, ou plus exactement de 3231 jours et 8 heures. L'apogée de la lune était au 4 frimaire an X, ou 25 novembre 1801, dans le 1er degré du signe du Cancer.

Il y a donc dans une révolution synodique de la lune, plusieurs points remarquables, et qui sont tous mobiles et changeants. 1° La conjonction et l'opposition, que l'on appelle aussi d'un

nom commun les *syzigies* : 2° Le premier et le dernier quartier, ou les *quadratures* : 3° Les deux nœuds, le nœud ascendant, et le nœud descendant : 4° les deux apsides, l'apogée et le périgée. A ces huit points, les astronomes ajoutent les quatre *octants* : ce sont les points qui partagent par le milieu l'intervalle d'une phase à la phase suivante. Ceux qui admettent l'influence de la lune sur notre atmosphère, et sur les corps organisés, y joignent encore l'*équinoxe* ascendant, et l'*équinoxe* descendant : ce sont les points où l'orbite de la lune rencontre l'équateur ; et enfin le *lunistice boréal* et le *lunistice austral* : ce sont ceux où la lune est à ses plus grandes déclinaisons.

CHAPITRE XI.

Des Eclipses.

LES *éclipses* ont été long-temps un sujet d'épouvante pour les hommes : mais ces phénomènes ne sont plus aujourd'hui, même pour le vulgaire, qu'un objet de curiosité. Quelquefois au milieu d'un beau jour, la lumière du soleil s'affaiblit tout à coup, et sans cause apparente : elle devient d'une pâleur lugubre, et qui a quelque chose d'effrayant. Si l'on tourne alors les yeux vers cet astre, on remarque sur sa surface un segment obscur qui s'é-

tend de plus en plus, et qui semble menacer la terre d'une nuit éternelle. Il arrive même, assez rarement à la vérité, que le flambeau du jour s'éteint tout à fait; et qu'on se trouve ainsi environné subitement par des ténebres épaisses. Cet évenement eut lieu à Paris, en 1724: l'obscurité y fut totale pendant 2 minutes et trois quarts; au bout de ce temps le bord du soleil recommença à paraître: ce fut comme un éclair subit dit M. Lalande, qui dissipa toute l'obscurité: la lumiere alla ensuite en croissant; et le soleil parut enfin tout aussi rond, et aussi brillant qu'il l'était auparavant.

La lune éprouve de même, et plus souvent, de semblables privations de lumière. On la voit aussi au milieu d'une belle nuit, pâlir peu à peu, et disparaître quelquefois pour un temps assez long: plus communément elle ne cesse pas d'être visible: mais elle a alors une lumière très-faible, et une couleur sombre et lugubre. La cause de ces phénomènes à été apperçue depuis long-temps: mais aujourd'hui on en connait si bien toutes les circonstances et les détails, que l'on peut les annoncer plusieurs années, plusieurs siècles même d'avance; et qu'il serait encore possible de calculer tous les événemens semblables qui sont arrivés depuis l'origine du monde. C'est l'interposition du globe de la lune qui occasionne les éclipses de soleil: c'est l'ombre du globe terrestre, qui est la cause des éclipses de lune.

L'orbite lunaire, comme on vient de voir, coupe en deux points l'orbite de la terre, ou plutôt le plan de cette orbite : ainsi quand la lune se trouve dans ses nœuds, elle est alors dans le même plan que la terre et le soleil; et si dans cette circonstance la lune est en conjonction, ou en opposition, il y aura nécessairement éclipse de lune ou de soleil. En effet ou la lune se trouvera justement placée entre le soleil et nous, et elle nous dérobera ainsi la vue de cet astre : où elle sera précisément derriere la terre par rapport au soleil; et n'en pouvant recevoir aucun rayon de lumière, elle sera éclipsée pour nous. Lorsque *Vénus* et *Mercure* passent entre nous et le soleil, ils occasionnent bien aussi une espèce d'éclipse : mais le diamètre de ces planètes étant incomparablement plus petit que le diamètre solaire, elles ne peuvent nous cacher qu'une très-petite partie de la surface du soleil, et ne sauraient par conséquent occasionner une diminution sensible dans sa lumière. Ce serait la même chose pour la lune, si elle était aussi éloignée de nous que ces planètes : à la place de mercure, elle nous paraitrait encore plus petite que lui; et ne pourrait ainsi éclipser qu'une infiniment petite portion du disque solaire. Mais étant placée assez près de nous, pour que son diamètre apparent soit quelquefois aussi grand, et même plus grand que celui du soleil, elle peut, à raison de cette proximité, nous dérober entiérement la vue de cet astre, et intercepter

intercepter tous les rayons qu'il nous envoye. C'est encore pour la même raison que la lune peut se trouver dans l'ombre de la terre. D'autres planètes sont aussi quelquefois placées derriere le globe terrestre par rapport au soleil : mais elles ne peuvent éprouver aucune privation de lumière, parce que l'ombre de la terre ne peut les atteindre à cause de leur grand éloignement.

Si l'orbite de la lune était dans le même plan que l'orbite terrestre, il y aurait nécessairement deux éclipses par lunaison ; une éclipse de soleil, lors de la conjonction ; et une éclipse de lune, dans le temps de l'opposition. Mais la lune dans sa révolution autour de la terre, s'éleve et s'abaisse alternativement par rapport à l'écliptique ; de façon que dans les nouvelles lunes, les rayons du soleil peuvent encore parvenir jusqu'à nous, en passant au dessus, ou au dessous du bord de cette planète ; et que dans les pleines lunes, elle ne cesse pas d'être illuminée par le soleil, parce qu'elle se trouve plus ou moins élevée que l'ombre du globe terrestre. Pour qu'il y ait éclipse, il faut qu'à ces deux époques de sa révolution, la lune se trouve dans ses nœuds, ou fort près de ses nœuds ; c'est-à-dire dans le plan, ou fort près du plan de l'écliptique. Il est facile de voir qu'il n'est pas nécessaire pour cela que les nœuds de la lune arrivent juste avec les syzigies : car les diamètres de la lune et du soleil, comme aussi celui de l'ombre terrestre, dans l'en-

droit où la lune peut la traverser, ont assez d'étendue; et l'angle de l'orbite lunaire avec l'écliptique est assez petit, pour qu'il puisse y avoir éclipse, quoiqu'au moment de la conjonction, ou de l'opposition, la lune soit éloignée de l'écliptique d'une certaine quantité. Cette quantité, comme il est évident, est déterminée par la grandeur des diamètres de la lune et du soleil, pour une éclipse de soleil; et pour une éclipse de lune, par les diamètres de la lune et de l'ombre terrestre.

La latitude de la lune est la quantité dont le centre de cette planète est éloigné de l'écliptique: quand on dit que la lune a 2 ou 3 degrés de latitude, c'est de son centre que l'on parle; et le bord de cette planète est toujours d'environ un quart de degré plus près de l'écliptique. Cela posé, si la lune en conjonction a plus de 33 minutes de latitude, il ne peut point y avoir d'éclipse de soleil. En effet le diamètre de la lune, lorsqu'il est le plus grand, n'a pas tout à fait 34 minutes; et celui du soleil, dans le même cas, n'en a guère que 32. Si donc la lune est supposée avoir 33 minutes de latitude, son bord sera éloigné de l'écliptique de 16 minutes; et puisque c'est là la valeur du demi-diamètre solaire, il ne pourra y avoir dans ces circonstances qu'un simple attouchement apparent entre les bords de ces deux astres. Ainsi dès que la lune a plus de 33 minutes de latitude, il ne peut y avoir d'éclipse de soleil; et même à une latitude

un peu moindre, il pourrait se faire qu'il n'y en eût point encore; parce que le diamètre de la lune peut être plus petit qu'on ne l'a supposé ici.

Soit S (*fig.* 36e) le soleil, $E\ C$ l'écliptique, $O\ L$ ou ol la trace du bord de la lune dans le ciel : la terre étant supposée en face du centre S du soleil au dessus du plan de la figure. Le moment de la conjonction aura lieu lorsque cette planète sera arrivée au point A ou B; et il n'y aura point d'éclipse de soleil si le bord de la lune le plus voisin de cet astre, rencontre l'écliptique en N ou en n, comme on le voit ici. Mais s'il le traverse en quelque point pris entre ces deux-là, il est évident qu'alors il y aura une éclipse de soleil pour quelque partie de la terre.

Pareillement il ne peut y avoir éclipse de lune dans les oppositions, si la latitude de la lune excède 64 minutes de degrés. Un corps sphérique opaque, éclairé par un corps plus volumineux, jette derriere lui une ombre, qui a la forme d'un cône plus ou moins allongé, selon le rapport de grandeur qui existe entre ces deux corps, et leur distance réciproque. La grandeur du soleil, et celle de la terre, étant des quantités constantes, la section de l'ombre terrestre, dans l'endroit où la lune doit la traverser, ne dépend donc que de l'éloignement du soleil et de la distance de la lune. Dans les cas les plus favorables, le demi-diamètre de l'ombre terrestre, dont le centre est toujours dans l'écliptique, ne peut être de plus de 47 mi-

nutes ; et le demi-diamètre de la lune périgée étant au plus de 17 minutes, il suit que pour que le bord de la lune touche le bord de l'ombre, son centre ne doit pas être éloigné de l'écliptique de plus de 64 minutes. Les éclipses de lune ne sont donc pas renfermées dans des limites aussi étroites que les éclipses de soleil.

Une éclipse de soleil est totale, lorsque le disque solaire est entiérement caché à quelque partie de la terre par celui de la lune ; et une éclipse de lune est totale aussi, lorsque le globe de cette planète est entiérement plongé dans l'ombre de la terre. Les limites de ces sortes d'éclipses, doivent être encore plus resserrées que celles des éclipses en général. En supposant toujours les circonstances les plus favorables, il ne peut y avoir d'éclipse totale de lune, si la lune a plus de 30 minutes de latitude : car pour que cette planète soit toute entière dans l'ombre, il faut ôter son demi-diamètre, ou 17 minutes du demi-diamètre de l'ombre, qui est de 47 minutes dans le cas supposé : reste donc 30 minutes pour la latitude de la lune dans ce cas.

Cette quantité doit être bien moindre encore pour une éclipse totale de soleil : car il n'y a jamais une grande différence entre les diamètres apparents des deux astres. Cette différence ne peut aller qu'à deux minutes et demi en faveur du diamètre lunaire : la latitude de la lune ne doit donc pas excéder cette quantité, au moment de la conjonction, pour qu'il

y ait éclipse totale de soleil. On voit ici la raison pour laquelle ces dernieres éclipses sont beaucoup plus rares que les éclipses totales de lune; celles-ci pouvant arriver à toutes les latitudes de la lune comprises entre 0 et 30 minutes; tandis que les autres ne peuvent avoir lieu que depuis 0 jusqu'à 2 minutes et demie. (*m'*)

Lorsque la latitude de la lune est renfermée entre les limites que nous venons de poser, il y a éclipse totale ou partielle de soleil ou de lune; c'est-à-dire, que la totalité ou une partie seulement de la surface visible de ces astres est éclipsée. Pour mesurer la grandeur des éclipses, on divise le diamètre du soleil et de la lune en douze parties égales, que l'on appelle *doits*. Ainsi on dit que l'éclipse a été de 6, de 8, de 10 doits ; ce qui signifie qu'il y a eu 6, 8, ou 10 parties du diamètre de l'astre qui ont été éclipsées. Si l'on voulait connaître l'étendue de la surface qui répond à ce nombre de doits, il faudrait la chercher par les méthodes de la géométrie. Dans les éclipses de soleil, il suffit qu'il y ait six doigts environ non éclipsés, pour qu'on n'apperçoive aucune diminution sensible dans la lumière de cet astre ; et si le ciel n'est pas bien serein, une partie plus grande encore du disque solaire peut être cachée, sans qu'on s'en doute. En général une très-petite portion de ce disque suffit, quand le ciel est serein, pour nous donner plus de lumière, que nous n'en avons communément lors-

qu'il est couvert de nuages. Dans l'éclipse de 1706, il ne resta à découvert pour Paris, qu'environ la 12e partie du diamètre du soleil : la lumière de cet astre était à la vérité très-affaiblie ; mais elle suffisait encore pour distinguer tous les objets, aussi bien que dans un beau jour, au coucher du soleil, (n'). On trouve souvent annoncées des éclipses de lune de plus de 12 doits : celle du 22 octobre 1790, fut de près de 19 doits ; ce qui signifie que quand le diamètre de la lune aurait été de sept douzièmes plus grand, elle eût pourtant encore été totalement éclipsée.

Une éclipse est appellée *centrale*, lorsque les centres de la terre, de la lune et du soleil se rencontrent sur la même ligne droite : il faut pour que cela ait lieu, que le moment de la conjonction ou de l'opposition arrive justement dans le nœud. Il y a des éclipses de soleil que l'on appelle *annulaires*, parce que le bord du disque de cet astre y paraît comme un anneau lumineux tout autour du globe de la lune. Cet effet ne peut avoir lieu, qu'autant que le diamètre apparent de la lune est plus petit que celui du soleil : dans ce cas l'ombre de la lune ne parvient pas jusqu'à la terre. Quelquefois dans des éclipses qui devraient être totales, l'on apperçoit aussi autour de la lune une lumière qui a plus ou moins d'étendue. Cette lumière est produite par l'atmosphère lumineuse de cet astre, laquelle peut s'étendre jusqu'à une distance fort grande, comme il est prouvé par la *lumière zodiacale*.

Dans les éclipses annulaires, l'ombre de la lune n'arrive pas jusqu'à la terre ; et dans les éclipses partielles, elle tombe à côté. Mais dans les éclipses totales, l'ombre de la lune tombe sur quelque partie du globe terrestre ; et dans cet endroit-là on cesse de voir le soleil. Les pays situés sur les confins de l'ombre, sont dits dans la *pénombre* : ils ne voient qu'une partie du disque solaire : ils ont une éclipse partielle. Ceux qui sont au-delà de la pénombre, voient le soleil tout entier : il n'y a point d'éclipse pour eux. La lune étant beaucoup plus petite que la terre, et son ombre d'ailleurs ayant une figure conique, cette ombre ne peut jamais couvrir qu'une petite partie de la surface de notre globe ; et voilà pour quelle raison, de tous les peuples qui ont en même temps le soleil sur leur horison, les uns continuent de voir cet astre tout entier ; tandis que les autres ont une éclipse partielle, et d'autres une éclipse totale.

Dans la figure 37e, on voit la terre, la lune, et le soleil indiqués par les lettres initiales de leurs noms. L'ombre de la lune y arrive, comme on voit jusqu'à la terre ; et toute la partie *O M* sur laquelle tombe cette ombre, est entiérement privée de lumière : il y a donc éclipse totale pour cette partie de la terre. Les lieux voisins, tels que *P* et *N* sont bien encore éclairés par une partie du soleil : mais ils ne peuvent recevoir aucun rayon de l'autre portion. Ils ont donc une éclipse partielle, et sont dans

la pénombre. Pour les pays situés au-delà des points *P* et *N*, ils continuent de voir le soleil tout entier: il n'y a pas d'éclipse pour eux.

A mesure que la lune avance dans son orbite, son ombre chemine de la même manière et dans le même sens sur la terre. Les éclipses de soleil arrivent donc successivement, pour les différens pays qui sont sur le chemin de l'ombre. Dans les éclipses de lune, dès que la lune entre dans l'ombre de la terre, elle perd sur le champ toute la lumière qu'elle recevait du soleil, et qui nous la rendait visible: elle est donc éclipsée en même temps pour toute une moitié de la terre. Il suit de ceci, et de ce qui a été dit plus haut, sur les limites des éclipses de soleil, que ces dernières sont nécessairement plus rares pour un même pays, que les éclipses de lune. Il y a aussi une pénombre dans ces dernières éclipses: car la lune en entrant dans l'ombre de la terre, n'est privée que peu à peu et graduellement des rayons du soleil. Cette pénombre est cause que le commencement et la fin d'une éclipse de lune ne peuvent point être déterminés avec précision.

La lune, quoique plongée entiérement dans l'ombre de la terre, ne laisse pas communément que d'être encore visible. La lumière terne et rougeatre qui l'éclaire encore, est produite par les rayons du soleil, qui embrassant la terre, se réfractent dans son atmosphère, et se répandent dans le cône d'ombre que la terre jette derriere elle. Si la lune

devient quelquefois tout à fait invisible, c'est qu'elle traverse l'ombre en deçà du point, où les rayons réfractés vont se croiser. Dans les éclipses totales de soleil, les parties de la terre sur lesquelles tombe l'ombre de la lune, se trouvant totalement privées de lumière ; on pourrait regarder ce fait, comme une preuve que la lune n'a point d'atmosphère autour d'elle.

La durée d'une éclipse de soleil ou de lune dépend 1° des diamètres apparents de ces deux astres ; 2° de la vîtesse de leurs mouvemens ; 3° de la distance de la lune à l'écliptique ; 4° pour une éclipse de lune, de la largeur de l'ombre terrestre. Si l'on suppose toutes les circonstances les plus propres à prolonger la durée d'une éclipse, l'on verra que celles de soleil ne peuvent être totales que pendaut cinq minutes de temps. En effet, le diamètre de la lune ne peut excéder celui du soleil, que de deux minutes et demi de degré. Lors donc que le disque du soleil sera totalement couvert par la lune, celle-ci n'aura que deux minutes et demi à parcourir, pour que le bord du soleil commence à reparaître : or il lui faut pour cela 5 minutes de temps. L'obscurité ne peut donc dans une éclipse de soleil, durer au plus que 5 minutes.

Pour ce qui est des éclipses de lune, elles peuvent être totales pendant un temps beaucoup plus long : car le diamètre de l'ombre terrestre à la distance de la lune, peut être trois fois aussi grand

que celui de cette planète. Mais l'éclipse n'est totale que lorsque la lune est toute entière plongée dans l'ombre ; et alors pour que son bord antérieur commence d'en sortir, il faut qu'elle avance d'une quantité égale à deux fois son diamètre. Mais ce diamètre vaut un peu plus d'un demi-degré ; et il faut une heure à la lune, pour avancer de cette quantité : l'éclipse pourra donc être totale pendant plus de deux heures. On voit aussi par-là quelle peut être la durée entière d'une éclipse, depuis son premier commencement, jusqu'à sa fin absolue. Il n'y a qu'à ajouter aux quantités qu'on vient de déterminer, le temps qui s'écoule depuis le premier contact, jusqu'à ce que l'astre soit totalement éclipsé; et celui encore qui court depuis l'apparition du premier bord, jusqu'à ce que le disque soit vu en entier, et reparaisse aussi parfaitement rond qu'auparavant; c'est-à-dire, environ deux heures. Le moment du contact s'appelle le commencement de l'éclipse, ou *l'immersion : l'immersion totale* à lieu lorsque l'astre est caché tout entier. *L'émersion* est le moment où son premier bord reparaît ; elle est totale, lorsqu'il est tout à fait hors de l'ombre.

On fait usage des éclipses de soleil et de lune pour trouver les longitudes. La lune est visible en même temps pour une moitié de la terre ; et lorsqu'elle éprouve une éclipse, c'est aussi pour une moitié de la terre tout à la fois, qu'elle cesse d'être visible. Mais au moment de l'éclipse tous les peu-

ples qui peuvent la voir, et qui sont sur des méridiens différens, comptent des heures différentes dans ce moment là; et c'est en comparant les heures où ce phénomène a été apperçu en différents pays, qu'on trouve leurs longitudes. Ainsi une ville où quelque circonstance remarquable d'une éclipse de lune, comme l'immersion totale, ou l'occultation de quelque tache principale, a été observée une heure plutot, ou plus tard qu'à Lyon, serait de 15 degrés à l'orient ou à l'occident de cette dernière ville.

Les éclipses de soleil n'arrivent pas au même instant pour tous les pays qui doivent les voir: mais l'on peut malgré cela s'en servir pour le même usage. Car si l'on en observe les circonstances en différents endroits, l'on peut au moyen de ces observations, trouver pour chacun de ces lieux, l'heure qu'il était au moment où la lune s'est trouvée en conjonction avec le soleil; et l'on déduit d'après cela les différences de longitude, comme on vient de le dire, de la comparaison de ces heures. Les occultations des étoiles par la lune, les éclipses des planètes ou par la lune, ou les unes par les autres, peuvent avoir la même utilité. Deux planètes paraissent quelquefois sur la même ligne, et s'éclipsent ainsi mutuellement pour nous: mais ces évènemens sont rares. Mars parut éclipser Jupiter le 9 janvier 1591, et il fut éclipsé lui-même par Vénus le 3 octobre 1590. Mercure fut caché

par Vénus le 17 mai 1737. Il y a aussi des exemples d'occultations d'étoiles par les planètes.

Les éclipses étant liées aux mouvemens réels de la lune et au mouvement apparent du soleil ; ces mouvemens étant d'ailleurs assez bien connus, et pouvant être soumis au calcul, on sent qu'il est possible d'annoncer une éclipse quelque temps, et plusieurs années même avant qu'elle arrive. Les astronomes savaient, même dans des siècles assez reculés, annoncer avec quelque exactitude les éclipses de lune, et en déterminer même les principales circonstances. Mais ils n'étaient pas toujours aussi heureux pour les éclipses de soleil. C'est qu'il doit entrer dans le calcul de celles-ci, un élément qui ne leur était pas bien connu : je veux dire, la *parallaxe* de la lune. Cette parallaxe peut être à l'horison de 54 à 61 minutes ; c'est-à-dire, qu'elle peut abaisser la lune au dessous de son vrai lieu, d'environ un degré, lorsqu'elle est à l'horison. Cette quantité est moindre à mesure que la lune est plus élevée : mais elle est toujours assez considérable pour ne devoir pas être négligée dans le calcul des éclipses de soleil. Elle peut être cause que l'on aura une éclipse dans un certain endroit, quoique la lune vue du centre de la terre, qui est le point pour lequel on calcule le mouvement des astres, dût passer au dessus ou au dessous du soleil. La cause dont il s'agit ici ne peut avoir aucune influence sur les éclipses de lune, par la raison

que si la parallaxe déplace la lune dans le ciel, elle produit le même effet et de la même manière sur la section de l'ombre terrestre que la lune doit traverser.

La parallaxe de la lune et l'inégalité de son mouvement étant aujourd'hui beaucoup mieux connues qu'elles ne l'ont jamais été, les astronomes de nos jours peuvent annoncer les éclipses soit de soleil, soit de lune, avec beaucoup plus de précision qu'on ne l'a jamais fait : mais ces prédictions demandent l'habitude du calcul, et des connaissances que nous n'avons point supposées dans nos lecteurs. L'on peut cependant annoncer une éclipse avec toutes ses circonstances par une simple opération *graphique*; c'est-à-dire, en traçant une figure sur le papier, d'après de certaines règles que l'on peut voir dans l'astronomie de M. de Lalande. Cette dernière méthode donne les détails d'une éclipse à une minute près, lorsque la figure a seulement un pied de diamètre; et l'on ne peut être assuré d'une plus grande exactitude dans la prédiction d'une éclipse par le calcul. On peut encore se servir pour annoncer les éclipses, de la période de 18 ans et 10 jours, après laquelle les éclipses reviennent dans le même ordre à peu près. C'est de ce moyen que les anciens ont dû se servir pour annoncer les éclipses : mais ce n'est là qu'une méthode approximative, et qui s'éloigne de plus en plus de la vérité.

CHAPITRE XII.

Des Satellites ou Planètes du second ordre.

OUTRE les astres dont on a parlé jusqu'ici, et qui sont visibles pour tout le monde, et à peu près en tout temps, il en est d'autres que l'on ne peut découvrir qu'à l'aide d'une lunette ; et d'autres encore qui ne font que des apparitions de courte durée, et qui se dérobent ensuite à nos yeux pour un grand nombre d'années. Nous parlerons d'abord des premiers.

Galilée, peu de temps après la découverte des lunettes d'approche, observant Jupiter avec un télescope qu'il avait construit lui-même, apperçut le premier quatre petits astres, qui en étaient fort près, et qui le suivaient fidellement dans sa révolution autour du soleil. Il les appella, les astres de Médicis : Hévèlius leur donna ensuite le nom de *satellites* de Jupiter ; et ce nom leur est resté.

Quelque temps après Huyghens découvrit aussi un satellite auprès de Saturne. Dominique Cassini, en employant des lunettes d'une très-grande force, en apperçut ensuite quatre autres successivement. Mais ceux-ci se voient beaucoup plus difficilement que ceux de Jupiter. Herschel dans ces derniers temps a reconnu deux satellites de plus auprès de Saturne : il en a pareillement découvert six autour

de la planète dont il a fait la découverte, et à laquelle on a donné son nom. Quelques astronomes avaient cru appercevoir un satellite auprès de Vénus : mais il a été cherché vainement par un grand nombre d'autres ; et l'on est persuadé aujourd'hui, que ceux qui croyaient l'avoir vu, ont été trompés par une illusion d'optique, et qu'il n'y a point de satellite auprès de cette planète. Ainsi le nombre des satellites, qui, avant les découvertes de Herschel, se réduisait à 9, est actuellement de 17, non compris notre lune qui est le satellite de la terre.

Quant à la nature de ces nouveaux astres, et à leur destination, il est bien évident qu'ils ne sont point faits pour nous, à qui ils ont été si long-temps inconnus ; et qu'ils sont destinés, comme notre lune, à éclairer pendant l'absence du soleil, les globes auxquels ils sont attachés. Ce n'est pas qu'on doive les supposer lumineux par eux-mêmes : mais ils sont propres à réfléchir la lumière du soleil, et à rendre ainsi à ces globes le même service que la lune nous rend à nous-même ; avec cette seule différence, qu'à cet égard ces planètes sont beaucoup mieux partagées que nous. Ce serait en effet un assez beau spectacle pour les habitants de la terre, que de voir quatre lunes en même-temps sur leur horison, comme cela arrive assez souvent pour Jupiter, ou même un plus grand nombre, ainsi que cela a lieu pour Saturne, et pour Herschel.

Les satellites sont tous placés à des distances différentes de leurs planètes ; et ils leur sont soumis, comme les planètes elles-mêmes sont soumises au soleil ; c'est-à-dire, qu'une planète qui a des satellites, est le centre de leurs révolutions ; et qu'elle les retient dans leurs orbites de la même manière que le soleil retient les planètes dans les leurs.

Voici les distances des satellites de Jupiter, exprimées en demi-diamètres de cette planète : le 3ᵉ est le plus gros, et le 2ᵉ est le plus petit.

	du 1er sat.	du 2me	du 3me	du 4me
Distance.	6 à peu-près.	9 et demi.	15.	26 et 2 tiers.

On peut avoir les mêmes distances exprimées en lieues, en multipliant les nombres qu'on vient de donner par 16,322 ; puisque c'est là la valeur du demi-diamètre de Jupiter. Les durées des révolutions périodiques de ces satellites autour de leur planète, sont en suivant le même ordre.

Pour le 1er	Pour le 2e	Pour le 3e	Pour le 4e
$42^h\ 28^m\ 30^s$.	$85^h\ 18^m$	$7^j\ 4^h$	$16^j\ 18^h\ 3^m$.

On doit remarquer ici que les satellites de Jupiter marchent incomparablement plus vîte dans leurs orbites que notre lune dans la sienne. En effet le premier satellite de Jupiter est un peu plus éloigné de cette planète, que la lune ne l'est de la terre,

terre, et cependant il fait en 42 heures et demie une révolution entière dans le ciel; c'est-à-dire que, vu de Jupiter, il paraît répondre successivement à tous les signes du Zodiaque dans ce court espace de temps; tandis qu'il faut plus de 27 jours à notre lune pour faire une révolution semblable et de la même étendue. Cette différence tiendrait-elle à la différence de vîtesse dans le mouvement de rotation des deux planètes? Ce mouvement est, comme on a vu, beaucoup plus rapide dans la planète de Jupiter, que dans le globe terrestre. Le diamètre de Jupiter est onze fois et un tiers aussi grand que celui de notre terre; et en supposant qu'il lui fallût 24 heures pour faire une révolution sur lui-même, son équateur aurait onze fois et un tiers autant de vîtesse que l'équateur terrestre. Mais il achève sa révolution journalière en 10 heures de temps à peu près. Sa vîtesse est donc encore à cet égard-là plus grande que la vîtesse de la terre dans la raison inverse du temps, ou près de deux fois et demie. Ainsi en ayant égard à ces deux considérations à la fois, on trouve que la vîtesse de rotation de Jupiter est environ 28 fois aussi rapide que celle de la terre.

Un mouvement aussi vif a produit sur le globe de Jupiter un effet semblable à celui que nous avons remarqué dans le globe terrestre, mais incomparablement plus sensible. L'inégalité entre l'axe de

la terre et le diamètre de son équateur, ne va guère d'après Newton, qu'à un ~~trente-troisième~~. Le père Boscovich, en comparant ensemble les différentes mesures, et les corrigeant un peu les unes par les autres, suivant les règles de la probabilité, ne trouve qu'un trois cent onzième de différence ; et les derniers travaux exécutés en France, donnent encore moins, comme on a vu, et réduisent l'applatissement de la terre à un trois cent trente-quatrième. Mais pour la planète de Jupiter, c'est autre chose. Les mesures prises avec les instrumens les plus parfaits, donnent un 14e pour la différence de ses deux diamètres. Dans le globe terrestre, le diamètre de l'équateur n'a que 11 lieues, ou même 9 de plus que l'axe du mouvement journalier. Dans le globe de Jupiter, la différence est de 2330 lieues. C'est là l'effet qu'a produit sur cette planète la force centrifuge résultante d'une rotation aussi rapide que nous l'avons dit. Une si grande inégalité entre les diamètres de Jupiter est sensible, même sans la mesure. Son globe est sensiblement ovale, et visiblement applati en deux points diamétralement opposés.

Les satellites de Jupiter étant peu éloignés de cette planète, et fesant leurs révolutions dans des temps fort courts, leurs orbites s'écartant d'ailleurs assez peu de celle de la planète principale, il suit qu'il doit arriver des éclipses fréquentes pour Jupiter. Les mouvemens et les positions de ces

quatre lunes sont aujourd'hui si bien connus des astronomes, qu'ils peuvent annoncer d'avance les éclipses de soleil ou de lune qui doivent avoir lieu pour ce monde si éloigné de nous. Mais ces éclipses ne sont point un simple objet de curiosité: l'astronomie a su en tirer une grande utilité. Comme ces satellites, vu leur grand éloignement, paraissent n'avoir guère plus de diamètre qu'une étoile fixe, il arrive que lorsqu'ils entrent dans l'ombre de Jupiter, ils disparaissent tout-à-coup, et qu'ils reparaissent aussi subitement, quand ils en sortent. Il est donc facile de saisir avec précision le moment de leur disparution, et celui où ils redeviennent visibles; et comme ces phénomènes arrivent au même instant pour tous les pays qui peuvent alors voir Jupiter, il est clair que les éclipses des satellites sont très-propres à donner les longitudes. On les observe en mer pour cet objet. Mais il n'est pas toujours possible d'y faire avec avantage des observations de cette espèce, à cause de l'agitation continuelle du vaisseau. Les satellites de Saturne ne sont pas propres à cet usage, parce qu'ils sont trop difficiles à observer et à reconnaître.

Les éclipses des Satellites de Jupiter nous ont fait connaître une vérité physique fort importante, et de laquelle nous tirerons bientôt une conséquence qui ne l'est pas moins. Cette vérité est, que la propagation de la lumière n'est point ins-

tantanée, comme on l'avait cru long-temps, mais qu'elle est successive ; c'est-à-dire, qu'il faut à la lumière un certain temps pour venir du corps lumineux jusqu'à nous. Voici comment on est parvenu à cette connaissance.

Les révolutions des Satellites de Jupiter sont assez bien connues, avons-nous dit, pour que l'on puisse savoir l'heure et le moment où ils doivent entrer dans l'ombre de Jupiter, ou en sortir. Or en calculant ainsi des éclipses de satellites, pour différentes positions de la planète, on s'est apperçu que, lorsque Jupiter était en conjonction, l'évènement ne quadrait pas avec le calcul, et que les éclipses dans cette circonstance, retardaient d'une quantité assez considérable. Après que le fait a été bien constaté, on en a cherché la cause ; et Roëmer a eu la gloire de la découvrir.

C'est autour du soleil que Jupiter fait sa révolution. Le centre de son orbite est placé assez près de cet astre, et par conséquent ses distances à la terre, doivent varier beaucoup. S'il est en opposition, ou du même côté que nous, par rapport au soleil, sa distance est dans ce cas bien plus petite que lorsqu'il est en conjonction, ou au-delà du soleil par rapport à la terre. La différence est évidemment égale au diamètre de l'orbite terrestre. Mais si lorsque Jupiter approche de sa conjonction, et qu'il est ainsi de 69 millions de lieues plus éloigné de nous, les éclipses de ses satellites

arrivent plus tard qu'il ne faudrait ; il est naturel de penser que ce retard est uniquement dû à cette augmentation de distance, seule différence qu'il y ait ici entre les positions de Jupiter à notre égard. Si donc un satellite éclipsé ne reparaît alors que 15 à 16 minutes après le moment donné par le calcul ; c'est que le rayon de lumière qu'il réfléchit vers nous, a employé tout ce temps-là pour traverser l'orbite terrestre, ou pour faire les 69 millions de lieues qu'il y a de plus dans ce cas entre la terre et Jupiter. La lumière s'élance avec une vîtesse prodigieuse, rien n'égale la rapidité de son vol : (*o*[1]) mais enfin elle ne peut franchir un grand espace, qu'au bout d'un temps plus ou moins long. Il lui faut donc 8 minutes environ pour venir du soleil jusqu'à nous. Mais pour traverser l'intervalle immense qui nous sépare des étoiles, il lui faudra sans doute plusieurs heures, et peut-être plusieurs jours : d'où il suit qu'une telle étoile que nous voyons encore dans le ciel, pourrait avoir réellement disparu depuis un temps assez considérable.

Comme il n'y a rien de bien intéressant à dire sur les satellites de Saturne, nous nous contenterons de placer ici les durées de leurs révolutions périodiques, et leurs distances à la planète principale, exprimées en demi-diamètres de l'anneau.

	I	II	III	IV	V
Dist.	2	2 $\frac{1}{3}$	3 $\frac{1}{4}$	8 $\frac{2}{5}$	25 $\frac{1}{3}$
Rev.	$45^h\ 17^m$	$65^h\ 44^m$	108 h $\frac{1}{2}$	$15^j\ 22^h\ \frac{1}{2}$	$79^j\ 7^h\ \frac{3}{4}$

Pour ce qui est des deux autres satellites que Herschel a découverts auprès de Saturne dans ces dernières années, il a reconnu que l'un d'eux fait sa révolution en $22^h\ 40^m$, et l'autre, en $32^h\ 53^m$: le premier est le plus près de Saturne.

On peut avoir en lieues les distances que l'on vient de donner, en multipliant les nombres qui les expriment, par 33364 et demi : c'est la valeur en lieues du demi-diamètre de l'anneau.

Herschel a pareillement apperçu six satellites autour de la planète qui porte son nom. Voici les durées de leurs révolutions et leurs distances à la planète principale, exprimées en secondes de degré.

	I	II.	III.	IV.	V.	VI.
Dist.	25″, 5	33″	38″, 57	44″, 2	88″, 4	176″, 8
	j h m	j h m s	j h m	j h m	j h m	j h m
Rév.	5 21 25	8 17 1 19	10 23 4	13 11 5	38 1 49	107 16 40

Herschel a aussi remarqué un grand applatissement dans sa planète, et il y soupçonne deux anneaux. Les orbites des satellites sont presque perpendiculaires à celle de la planète. Le même astronome a reconnu que le 5e satellite de Saturne, et les quatre satellites de Jupiter, fesaient, comme notre lune, une révolution sur eux-mêmes, dans le même temps qu'ils font une révolution synodique autour de leur planète.

Dès qu'on eut apperçu les satellites de Jupiter et de Saturne, on chercha à appliquer à ce nouvel ordre de planètes les lois trouvées par Kepler pour les planètes du premier ordre; et l'on trouva que ces astres y étaient également soumis : ce qui donna aux astronomes la plus forte preuve que ces lois étaient véritablement celles de la nature, dont le génie heureux de Kepler avait deviné le secret. Ainsi pour les planètes secondaires, comme pour les planètes principales, il y a un rapport constant entre la durée de leur révolution, et leur distance au centre de cette révolution. L'on peut donc dire aussi, comme nous l'avons déjà fait plusieurs fois, que la force qui fait circuler les satellites autour de leur planète, est la même que celle qui retient les planètes autour du soleil. La force universelle d'attraction a assujetti la lune à la terre. La même cause a soumis quatre lunes à Jupiter, sept à Saturne, et six au moins à Herschel : six au moins, disons-nous, car il est très-possible qu'il y en ait d'autres autour de cette planète, qui n'aient pas encore été apperçues. La force centripète de la lune n'est autre chose que la pesanteur même des corps terrestres diminuée dans le rapport inverse du quarré de la distance. La force centripète des planètes du second ordre ne sera donc aussi que la pesanteur qui a lieu dans les planètes principales, diminuée dans le même rapport. Il serait donc possible, au moyen de

cette force connue dans les satellites de Jupiter et de Saturne, de trouver quelle est l'intensité de la pesanteur à la surface de ces deux planètes, et de conclure de là le rapport de leurs densités : mais on est arrivé au même but en suivant une autre voie.

L'on a d'abord cherché cette densité des planètes et du soleil même, c'est-à-dire, le rapport qu'il y a entre les volumes de ces globes, et la quantité de matière renfermée sous ces volumes. On sait que ce rapport varie dans les différents corps ; que les métaux, par exemple, sont plus denses que les pierres, et les pierres plus que le bois : ou qu'à volume égal, les métaux sont plus pesants, et contiennent plus de matière que les pierres ; et les pierres plus que le bois. Il paraîtra d'abord bien étrange que l'on ait aspiré à connaître les rapports des densités de ces globes immenses si éloignés de nous : c'est pourtant une connaissance qui suit naturellement du principe de l'attraction une fois admis.

L'attraction, ainsi qu'on la remarqué plus haut, est toujours proportionnelle à la quantité de matière. Si nous pouvons donc connaître le volume de deux planètes, et leur force attractive, nous aurons aisément le rapport de leurs densités. Jupiter et la Terre ont l'un et l'autre un satellite à la même distance à peu près. Si ces deux satellites fesaient leurs révolutions en des temps égaux, la

force qui les retient dans leurs orbites serait alors la même. Mais le satellite de Jupiter marche seize fois plus vîte que notre lune. Or pour retenir un satellite qui va 16 fois plus vîte dans une orbite de la même grandeur, Jupiter est obligé d'employer une force 256 fois plus grande: 256 étant le produit de 16 multiplié par 16. La force attractive de Jupiter égale donc 256 fois celle de la Terre. Mais son volume est 1479 fois plus grand que le volume du globe terrestre. Sa force d'attraction n'est donc pas en raison de son volume : sa densité est donc aussi moindre que celle de la terre. Elle n'en est guère que le 5e, ou plus exactement, elle en est les 23 centièmes.

C'est en comparant ainsi la force d'attraction avec le volume, que l'on a trouvé de même la densité du soleil et celle de Saturne. La densité du soleil n'est que le quart de celle de la Terre, et celle de Saturne en est seulement la dixième partie ; c'est-à-dire, qu'un pied cube de la matière du globe terrestre étant supposé peser 100 livres, un pied cube de la matière du soleil ne peserait que 25 livres, et une pareille quantité de celle de Saturne n'en peserait que 10. Un pied-cube de la matière de Jupiter peserait à peu près 23 livres dans la même supposition. Mars, Vénus et Mercure n'ayant point de Satellite, leur densité ne peut être connue directement par cette voie, ni par aucune autre. Cependant, comme on a remarqué,

que les densités que l'on avait pu connaître, suivaient une certaine loi, et paraissaient avoir un rapport constant avec la distance au soleil, on a conclu que la densité de Mars était les trois quarts de celle de la Terre; que celle de Vénus en était les 13 dixièmes, et celle de Mercure le double. La densité de la lune est estimée égale aux 7 dixièmes de celle de la terre. Quant à celle de Herschel, on pourrait la trouver directement aujourd'hui que l'on a reconnu des Satellites autour de cette planète.

Les densités étant trouvées, et les volumes connus, l'on en conclut aisément la masse de tous les globes planétaires, et celle du soleil. Il n'y a pour cela qu'à diviser le volume par la densité. La masse de la terre étant donc supposée égale à l'unité, on trouve que les masses du soleil et des planètes sont exprimées par les nombres suivants: pour le soleil, 365,412; pour Mercure, 1 septième environ; pour Vénus, 1 et un cinquiéme à peu près; pour Mars, 1 cinquième seulement; pour Jupiter, 340; pour Saturne, 107; et pour la lune enfin, 1 centième. Ainsi le soleil contient 365,412 fois plus de matière que le globe terrestre; et la lune ne renferme sous son volume que la centième partie de la masse de la terre. (p')

Il serait facile à présent d'avoir en livres le poids de tous les corps célestes dont il vient d'être question. Il faudrait d'abord trouver le poids de notre

globe ; et il n'y aurait, pour résoudre ce problême, qu'à le supposer composé dans sa totalité d'une même espèce de terre ou de pierre, par exemple d'argile, dont le pied cube pèse 140 livres. Les dimensions de notre globe nous étant parfaitement connues, il est aisé de savoir combien il contient de pieds cubes, et par conséquent quel est son poids total, dans la supposition qu'on vient de faire. Mais le poids du globe terrestre trouvé, il n'y a plus qu'à le multiplier par les nombres donnés ci-dessus, pour avoir les poids respectifs du soleil, de la lune et des planètes principales. Il est donc vrai de dire que l'astronomie est aujourd'hui venue à bout de peser la masse énorme du soleil, et celle de tous les globes qu'il tient sous son empire.

A présent que la masse et la grosseur des planètes sont connues, l'on pourra savoir quelle est la vîtesse que la pesanteur communique aux corps qui sont à leur surface. La pesanteur est un effet de la force attractive, que les planètes exercent sur tous les corps qui sont dans leur sphère d'activité. Que cette force existe dans toutes les planètes, c'est une chose qui est prouvée, pour quelques-unes, par leurs satellites, et pour toutes, par leur figure sphérique : cette figure ne pouvant être que le résultat de l'attraction mutuelle de toutes leurs parties entre elles. Cette attraction qui les a forcées à s'arranger ainsi autour d'un centre com-

mun, eût donné à toutes les planètes une forme parfaitement sphérique, si elle n'avait pas été contrariée par la force centrifuge qui résulte du mouvement de rotation que l'on a reconnu en elles.

La pesanteur a donc lieu sur tous les globes que nous connaissons : mais l'intensité de cette force, ou la vîtesse qu'elle est capable de communiquer aux corps qu'elle entraîne, dépend de la quantité de matière du corps attirant, et de la distance du corps attiré au centre d'attraction. Les diamètres des planètes et du soleil étant connus, et leurs masses ayant été trouvées ci-dessus, sachant d'ailleurs qu'un corps grave parcourt ici auprès de la surface de la terre, 15 pieds dans la première seconde de sa chûte ; il est aisé de trouver qu'auprès de la surface du soleil, il tomberait dans cette première seconde de 434 pieds à peu près. En voici le calcul.

La masse du soleil est 365 mille fois plus grande que celle de la terre. Sous ce premier point de vue, la pesanteur à la surface du soleil, devrait agir avec une force 365 mille fois plus grande qu'à la surface du globe terrestre ; c'est-à-dire qu'auprès du soleil, les corps devraient tomber dans la première seconde, de 365 mille fois 15 pieds. Mais le diamètre du soleil vaut 113 fois le diamètre de la terre. Les corps qui sont à la surface du soleil, sont donc 113 fois plus loin du centre d'attraction, que ceux qui sont à la surface de notre

globe ; et puisque cette force d'attraction diminue comme le quarré de la distance augmente, sous cet autre aspect, la pesanteur sur le soleil doit avoir 12 à 13 mille fois moins d'énergie que sur la terre. En divisant ces deux rapports l'un par l'autre, on trouve enfin que cette pesanteur des corps solaires est seulement 29 fois plus grande que celle des corps terrestres ; ou que la vîtesse des premiers dans la première seconde de leur chûte, est de 434 pieds. En fesant le même calcul pour les planètes, dont les masses et les diamètres sont connus, on trouve que la vîtesse des graves dans la première seconde est de 2 pieds 8 dixièmes pour la lune ; de 12 pieds et demi pour Mercure ; de 18 pieds 7 dixièmes pour Vénus ; de 7 pieds 4 dixièmes pour Mars ; de 39 pieds et demi pour Jupiter ; et enfin de 15 pieds 4 cinquièmes pour Saturne.

CHAPITRE XIII.

Des Comètes.

De temps à autre il se manifeste dans le ciel des astres nouveaux, et qui se font assez souvent remarquer par une figure étrange. Tous les corps célestes dont on a parlé jusqu'ici, se montrent constamment à nous avec une forme circu-

laire. La lune même nous présente la même figure, lorsque sa moitié éclairée par le soleil peut être apperçue toute entière. Le disque de ces astres est d'ailleurs toujours assez bien terminé quand notre air est pur. Mais les comètes paraissent quelquefois composées d'un noyau solide, et d'une espèce d'atmosphère lumineuse qui l'environne de toutes parts, et forme tout autour comme une espèce de chevelure, d'où est venu à ces astres le nom général de *comètes*. D'autres fois cette atmosphère paraît sous la forme d'une queue que la comète traîne à sa suite, et qui occupe souvent dans le ciel un espace considérable. On en a vu dont la queue s'étendait à plus de 80 ou 90 degrés par de-là la comète. Il arrive encore, mais plus rarement, que des comètes n'ont point cette espèce d'atmosphère, et qu'elles paraissent toutes rondes, et semblables à des planètes. Le nombre des comètes est absolument indéterminé: on en connaît déjà 90 dont la révolution a été calculée.

2°. Nous pouvons en tout temps trouver les planètes dans le ciel; et s'il y a des circonstances où elles sont invisibles pour nous, comme quand elles sont avec le soleil, nous savons toujours où nous les pourrions rencontrer, et quelle est la cause qui nous empêche de les voir. Pour les comètes, on les apperçoit tout-d'un-coup dans quelque région du ciel, et au moment où l'on s'y

attendait le moins ; et après qu'elles ont paru pendant un temps assez court, on les perd de vue pour une longue suite d'années. Celles dont l'apparition a été la plus longue, n'ont guère été visibles que pendant six mois. Telle fut la comète qui parut du temps de Néron, et celle que l'on commença à voir le 31 juillet 1729. En général, les comètes ne se montrent que pendant quelques mois, ou même pendant quelques semaines ; après quoi elles vont se perdre dans des régions du ciel qui nous sont inconnues.

3° Toutes les planètes marchent dans le même sens, et toutes leurs orbites sont renfermées dans un espace du ciel assez étroit, le *Zodiaque*. Pour les comètes, elles paraissent indistinctement dans toutes les parties du ciel : elles marchent dans tous les sens, allant du midi au nord, ou du nord au midi, suivant ou ne suivant pas l'ordre des signes. Leur vîtesse est aussi bien différente de celle des planètes : celle-ci est toujours assez petite et assez régulière : mais la vîtesse des comètes est quelquefois d'une vélocité surprenante. Celle de 1472 fit 120 degrés en un jour, suivant l'observation de Régiomontanus. Celle de 1760 changea, entre le sept et le huit du mois de Janvier, de 41 degrés en longitude. D'autres fois les comètes disparaissent si promptement, qu'on ne les voit guère changer de position pendant la courte durée de leur apparition.

4° La grandeur apparente de ces astres varie encore beaucoup. Il y a des comètes que l'on ne peut appercevoir qu'avec de fortes lunettes ; et sans doute il en est qui nous échappent par leur petitesse ou leur éloignement. D'autres au contraire paraissent plus grandes qu'aucune planète, et jettent beaucoup de lumière. 146 ans avant l'ère chrétienne, il parut, au rapport de Sénèque, une comète aussi grosse que le soleil : sans doute on comprenait la chevelure dans la mesure de sa grosseur. Mais il y en a qui, indépendamment de cette atmosphère, ont encore un assez grand diamètre. La comète de 1577, mesurée par Tycho, se trouva avoir un diamètre double de celui de Vénus : elle devait donc avoir une surface quadruple de celle de cette planète. On en a vu enfin dont la lumière surpassait de beaucoup celle de Vénus et de Jupiter, et pouvait se comparer à celle de la lune; et s'il en faut croire les historiens à ce sujet, il y en a eu qui jetaient autant de lumière que le soleil même. Ce sont ces grosses comètes accompagnées d'une longue chevelure, qui ont si long-temps effrayé les hommes. En effet l'apparition subite d'un astre nouveau, d'une grosseur extraordinaire, et environné ou suivi d'une lumière diffuse, qui prenait quelquefois des formes bisarres, que pouvait-elle être pour l'ignorance et la crédulité, qu'un avertissement donné aux hommes par le ciel ; que l'annonce de

de quelque grande calamité ? Telle a été de tout temps la façon de raisonner du vulgaire. Mais de tout temps aussi il y a eu des hommes sensés qui ont observé ces phénomènes avec une ame calme et tranquille, et qui ont même soupçonné la véritable nature de ces corps lumineux.

On a cru pendant long-temps parmi les physiciens et les astronomes, que les comètes étaient des météores qui se formaient dans les espaces célestes, par-delà notre lune. On a cru même avoir vu des comètes se dissoudre et se partager en deux, ou en plus grand nombre d'autres comètes : d'où l'on concluait que ce n'était point des corps permanens, mais des amas d'exhalaisons, qui s'élevaient des astres, et se dissolvaient de la même manière qu'ils s'étaient formés. Telle a été l'opinion de Kepler, de Cassini, et de plusieurs autres astronomes célèbres. Mais déjà dans l'antiquité, des esprits plus hardis avaient osé croire que les comètes étaient des astres aussi durables que les autres, et qui n'étaient visibles pour nous que pendant une petite partie de leur révolution. C'est aujourd'hui l'opinion générale des astronomes ; et cette opinion est fondée, 1° sur ce que les comètes sont soumises aux lois astronomiques de Kepler ; 2° sur leur retour prédit, et arrivé conformément à la prédiction.

Newton observant une comète, reconnut que les aires qu'elle parcourait, étaient égales en temps

égaux, comme cela a lieu pour les planètes. Il soupçonna donc que les comètes décrivaient autour du soleil des *ellipses* extrêmement allongées, comme celle de la figure (38e); et il trouva qu'en effet cette supposition s'accordait parfaitement avec l'observation. Halley, d'un autre côté, ayant aussi calculé l'orbite de la comète de 1682, démontra qu'elle était la même qui avait paru en 1607, et osa annoncer son retour pour 1759. La comète a effectivement reparu environ au temps fixé : de sorte que l'on est assuré aujourd'hui que cette comète décrit autour du soleil une courbe telle qu'on l'avait supposée ; et qu'elle achève sa révolution en 75 ans environ : elle reparaîtra donc en 1834. Il y a encore d'autres comètes que l'on croit identiques ; parce qu'elles se sont montrées à des intervalles de temps égaux entre eux. La grande comète de 1680, suivant Halley, devrait reparaître l'an 2254. Il pense qu'elle est la même qui parut du temps de César. Cette comète se serait encore montrée dans les années 619 et 2349 avant J. C. ; ensorte, comme l'observe M. de Lalande, qu'elle pourrait servir à expliquer physiquement le déluge, ainsi que l'a fait M. Whiston.

Pour être assuré qu'une comète est la même qu'une autre qui a paru auparavant, il faut qu'on lui voie parcourir la même partie du ciel, et suivre la même route : c'est ce qui est arrivé pour celle qu'on a revu en 1759. Il est donc prouvé au-

jourd'hui que les comètes sont des corps solides et permanents ; qui se meuvent autour du soleil, mais dans des ellipses extrêmement allongées ; qui ne sont visibles pour nous que lorsqu'ils se trouvent dans la partie inférieure de leur orbite ; et que nous cessons de voir pendant tout le temps qu'ils en parcourent la partie supérieure.

Il est facile d'après cela de rendre raison de plusieurs singularités que nous présentent les comètes. Les ellipses qu'elles tracent étant extrêmement *excentriques*, ces astres doivent, dans le cours d'une révolution, se trouver à des distances très-inégales du soleil. Il y en a qui peuvent être, à ce qu'il parait, dans leur *périhélie*, 10 et même 100 fois plus près du soleil que dans leur *aphélie*. Leur vitesse doit donc aussi être soumise à de très-grandes inégalités, et peut être pour quelques-unes, dix et cent fois plus petites à l'aphélie qu'au périhélie : ce qui explique pourquoi l'apparition des comètes est de si courte durée, et leur absence si longue. Il est clair que peu de jours doivent leur suffire pour parcourir la partie *B P b* (*fig.* 38e) de leur orbite, qui embrasse le soleil, à cause de leur grande vitesse dans cet endroit ; tandis qu'il leur faudra des années et des siècles même, pour décrire toute la partie *D A d*, à raison de la grande diminution qu'éprouve leur vîtesse, à mesure qu'elles s'éloignent du soleil.

D'un autre côté, l'action des rayons solaires,

lorsqu'elles approchent de leur périhélie, fera élever du globe de la comète une grande quantité de vapeurs qui s'accumuleront tout autour d'elle, et acquerront assez de densité pour réfléchir la lumière ; et telle sera l'origine de cette atmosphère lumineuse que prennent les comètes, lorsqu'elles ont passé auprès du soleil. Car c'est sur-tout après leur périhélie, que cette lumière se manifeste. La plupart des comètes n'ont jusqu'a ce moment-là que le seul noyau solide, ou du moins ne sont environnées que d'une lumière faible et qui a peu d'étendue. Il y a des physiciens qui pensent que cette atmosphère n'est point un amas de vapeurs, comme on vient de le supposer ; mais qu'elle est une partie de l'atmosphère même du soleil, dont la comète se charge à son périhélie, et qui se condensant auprès de sa surface, devient ainsi visible sous différentes formes. Plus communément l'atmosphère des comètes ressemble à une queue, ou à une traînée de lumière qui est toujours du côté opposé au soleil. Il paraît que cette forme et cette direction lui sont données par l'impulsion des rayons solaires. Mais quelle que soit la matière qui compose l'atmosphère des comètes, elle est toujours assez légère pour qu'on puisse appercevoir les étoiles au travers : ce qui nous paraît donner l'avantage à la dernière des deux opinions qu'on vient d'exposer.

Les distances des comètes au soleil étant sujettes

à varier beaucoup dans le cours d'une révolution, il semble que ces astres doivent éprouver aussi des alternatives prodigieuses de chaleur et de froid. La comète de 1680 fut à son périhélie 166 fois plus près du soleil que la terre. Elle dut éprouver, selon Newton, une chaleur 2000 fois plus grande que celle du fer rouge. Un globe de fer d'égal diamètre, chauffé au même degré, eût conservé sa chaleur pendant 50000 ans. M. de Buffon rabat quelque chose de ce calcul, qui ne paraît être au reste qu'un jeu d'esprit : car, comme on l'a observé plus haut, nous ne connaissons pas assez bien de quelle manière les rayons du soleil produisent la chaleur, pour pouvoir nous faire une idée de celle qu'éprouva la comète de 1680, pendant le peu de temps qu'elle se trouva dans le voisinage de cet astre. Cette comète, en s'approchant du soleil autant qu'on vient de le dire, a donné à penser à quelques astronomes, qu'il était possible que des comètes tombassent sur le soleil, et servissent ainsi à alimenter ce grand foyer. Cette idée singulière n'est fondée sur aucune observation. On peut croire encore, et ceci est plus probable, que les comètes, en descendant vers le soleil, peuvent occasionner par leur attraction quelques dérangemens dans les planètes, auprès desquelles elles viennent à passer. Il semble même qu'il est possible qu'elles les rencontrent sur leur route ;

puisque leurs orbites rentrent en dedans des orbites planétaires. (*q'*)

CHAPITRE XIV.

Systêmes du Monde.

Il n'est aucune classe d'astres, aucun phénomène astronomique de quelque importance, que nous n'ayons cherché à connaître, et dont nous n'ayons travaillé à donner une idée juste. Il est temps de résumer les vérités établies dans cet ouvrage, et de présenter au lecteur l'ensemble des phénomènes célestes, après les lui avoir montrés en détail.

Ptolémée, avec presque toute l'antiquité, supposait que notre terre était placée au centre de l'univers; et qu'elle y demeurait dans un repos parfait. Autour de ce point central, il fesait marcher tous les astres dans l'ordre suivant: la lune, Vénus, Mercure, le soleil, Mars, Jupiter, Saturne, et enfin les étoiles. Chacune des planètes était attachée à une sphère creuse et solide, d'une matière transparente, pour permettre le passage aux rayons de lumiére. Mais les étoiles étaient toutes attachées à une même voûte. Ainsi le ciel était un assemblage de sphères creuses qui avaient le même centre, et qui roulaient les unes sur les autres. Ptolémée donnait à chacune

de ces sphères le nom de *ciel* : ainsi il disait, le ciel de Mercure, le ciel de Jupiter, etc. Il y avait donc sept cieux, sans compter celui des étoiles fixes, qui était au-delà de tous les autres, et qu'on appelait le *premier mobile*. Toutes ces sphères avaient un mouvement commun d'orient en occident, et chacune en particulier avait un mouvement propre d'occident en orient : par ce moyen on rendait raison du lever et du coucher des astres, et de la marche progressive des planètes vers l'orient. L'on sait à présent que penser de cet échafaudage de sphères et de cieux; c'est pourquoi nous ne nous arrêterons pas davantage sur un systême qui depuis longtemps n'a plus de partisans.

Les Egyptiens, plusieurs siècles avant Ptolémée, s'étaient apperçus que Mercure et Vénus fesaient leur révolution, non autour de la terre, mais autour du soleil : c'est ce que l'on a prouvé ci-dessus. Leur systême différait donc de celui de Ptolémée; mais en cela seulement, qu'ils fesaient mouvoir ces deux planètes autour du soleil, qui lui-même, fesait, comme tous les autres astres, sa révolution autour du globe terrestre.

Tycho-Brahé, célèbre astronome danois du 16e siècle, même après la découverte, et pour ainsi dire, la démonstration du véritable systême du monde, séduit par des scrupules mal fondés, ne put se déterminer à enlever à la terre une sta-

bilité dont il croyait que le Tout-puissant l'avait gratifiée. Il en fit donc le centre de la révolution de la lune et du soleil : mais suivant lui, c'était autour de ce dernier astre que les autres planètes fesaient la leur : elles étaient donc ainsi les satellites du soleil, qui lui-même n'était que le satellite de la terre. Dans le système de Tycho, notre globe n'a pas même un mouvement de rotation. Il paraît que ce qui détermina principalement cet habile astronome à placer la terre au centre de l'univers, ce fut son respect pour les livres de l'ancien Testament, dans lesquels il est souvent parlé de la terre, comme d'un corps immobile, et qui est dans un repos absolu. Mais il est aisé de sentir, avec un peu de réflexion, que ces livres ne devaient pas, sur des objets de cette nature, parler un autre langage que le langage commun des hommes : car ils n'ont point pour objet de dévoiler aux hommes le méchanisme de cet univers ; et les expressions qui y sont employées, en parlant de la terre et des astres, ne doivent pas plus tirer à conséquence, que celles dont les astronomes les plus habiles se servent tous les jours, en disant, comme les personnes les moins instruites en astronomie, que le soleil se lève et qu'il se couche. Cette raison qui détermina Tycho à placer la terre au centre de l'univers, étant donc sans valeur, voyons s'il y en aurait quelqu'autre sur laquelle on pût fonder

l'immobilité de la terre, ou au moins sa fixité a une même place.

D'abord ce n'est point par la grandeur de son volume, ou la pesanteur de sa masse, que la terre aurait droit au repos. Jupiter et Saturne sont de beaucoup plus gros et plus pesants; et le soleil l'est incomparablement plus que toutes les planètes ensemble. Cette prétention ne saurait lui venir de ce qu'elle tient sous son empire la petite planète de la lune. Jupiter a quatre lunes à lui seul; Saturne en a sept, outre son anneau; et le soleil, dans le système de Tycho, a pour satellite toutes les planètes, la terre et la lune exceptées. Serait-ce donc parce qu'elle est le séjour de l'espèce humaine? Mais il serait difficile de prouver que ce fût là une raison suffisante pour laisser notre petit globe dans le repos; tandis que tout le reste de l'univers s'agiterait autour de lui, et que des corps beaucoup plus lourds et plus volumineux seraient entraînés dans l'espace avec une rapidité inconcevable. D'ailleurs est-il absolument sans vraisemblance qu'il y ait hors de notre terre des êtres vivants et sensibles? Pourquoi la vie n'existerait-elle que dans un petit coin de l'univers? Quoi! ce monde si vaste, auquel l'imagination ne peut trouver de bornes, serait à peu près tout entier condamné à la stérilité? Il n'y a que des esprits faibles et timides qui puissent avoir des idées aussi retrécies de

l'ouvrage sublime de la création. Non ; la vie est sans doute répandue par-tout dans cet univers : par-tout il y a des êtres sensibles, capables d'apprécier le bienfait de l'existence, et de bénir celui qui en est l'auteur. Ces millions d'étoiles que nous avons comptés dans le ciel, et ces millions encore plus nombreux qui échappent à nos instrumens les plus parfaits, tous ces feux étincelants qui comme notre soleil, ne doivent leur lumière qu'à eux-mêmes, n'existent certainement pas en vain. Ce n'est pas sans dessein que cette multitude innombrable de soleils sont répandus dans l'espace, et qu'ils dispensent autour d'eux la lumière et la chaleur. Sans doute qu'il existe dans les régions célestes des globes planétaires, des terres habitables qu'ils éclairent et échauffent en même temps, comme notre soleil éclaire et échauffe toutes les planètes de notre systême.

Mais pour nous borner à notre monde, nous voyons une vingtaine de globes, les uns plus grands, les autres plus petits que notre terre, mais de la même nature qu'elle ; qui tous reçoivent de plus près, ou de plus loin l'influence bienfesante de notre soleil ; et nous prétendrions que c'est vainement qu'ils sont sans cesse frappés par les rayons de cet astre ? Ils ont tous des alternatives de jour et de nuit ; et ils ne seraient point habités par des êtres destinés à une vie mêlée d'action et de repos ? Plusieurs d'entre eux

sont accompagnés par des astres dont la lumière est évidemment faite pour suppléer à l'absence du soleil ; et il n'y aurait sur leur surface aucun organe capable de recevoir l'impression de cette lumière ? Non : la terre n'a non plus à cet égard aucune supériorité sur les autres planètes. Ces globes ne sont pas plus stériles que le globe terrestre ; et comme lui, ils sont aussi couverts d'êtres vivants et sensibles.

L'on objectera peut-être, à ce qu'on vient de dire, que la terre seule peut être habitée, parce qu'elle est seule à une juste distance du soleil, pour en recevoir une chaleur modérée et suffisante, telle qu'il la faut pour entretenir la vie ; qu'à la place où est Mercure, nous serions dévorés, calcinés par les rayons du soleil ; qu'à la distance de Saturne, tout serait sans mouvement sur la terre, et fixé dans un état de mort par l'effet d'un froid horrible. Mais l'on suppose alors que notre nature et celle de tous les corps terrestres demeurerait la même ; et l'on ne fait pas attention que les choses ont été combinées par la souveraine Sagesse, pour que les êtres organisés placés sur la terre, ne reçussent du soleil qu'une action douce, et telle qu'il la fallait pour leur conservation. Que l'on suppose par conséquent aux corps terrestres une autre constitution, et ils pourront subsister avec leurs mêmes rapports à une distance du soleil plus ou moins grande. Ainsi à la place de Mer-

cure, nous pourrions n'éprouver cependant que la même chaleur que nous ressentons à une distance trois fois plus grande; et de même transportés à la distance de Saturne, nous pourrions être autant échauffés par les rayons affaiblis du soleil, que nous le sommes à présent à une distance 10 fois plus petite. D'ailleurs, comme on l'a observé dans le dernier chapitre, nous ne connaissons pas encore assez bien de quelle manière les rayons solaires produisent la chaleur, pour pouvoir deviner quelle est la température des différentes planètes. Il est plus que douteux que cette température soit en raison de la distance au soleil. On sait que la chaleur diminue sur la terre, à mesure qu'on s'élève plus haut; et qu'elle paraît dépendre des vapeurs de l'atmosphère et de la densité de l'air.

Rien ne répugne donc à penser que les planètes soient habitées comme la terre, et qu'il n'y ait encore à cet égard la plus parfaite ressemblance entre elles. Mais puisque nous voyons Jupiter 14 à 15 cents fois plus gros que notre globe, parcourir autour du soleil un cercle de 180 millions de lieues de rayon; pourquoi refuserions-nous de croire que notre petite planète soit aussi en mouvement autour du même centre, dont elle est au moins cinq fois plus près. D'ailleurs, comme on l'a vu plus haut, ce mouvement de translation supposé dans le globe terrestre, ne change

absolument rien dans les apparences célestes. Tout s'explique de la même manière, que le soleil soit en mouvement ou en repos : il n'y a que ce qui regarde les saisons qui ait besoin d'une explication particulière.

Lorsque nous fesions marcher le soleil autour de la terre, dans une courbe inclinée à l'équateur, les différentes saisons étaient produites par le mouvement progressif de cet astre le long de l'écliptique. Le soleil nous amenait l'été, en s'approchant de notre zénith : il nous abandonnait aux rigueurs de l'hiver, lorsqu'il s'en éloignait. C'était le plus ou moins d'obliquité des rayons solaires qui constituait la différence des saisons. La même cause subsistera toujours, si la terre se meut autour du soleil ; pourvu que dans ce mouvement, l'axe de son globe soit toujours parallèle à lui-même. Ce *parallélisme* constant n'est point une chose sans exemple dans notre monde ; puisque l'axe de la lune est aussi toujours paralléle à lui-même dans sa révolution autour de la terre. D'ailleurs l'axe du globe terrestre ayant primitivement pris ou reçu une certaine position sur le plan de l'écliptique, il est évident que cette position n'a pas dû changer sans cause ; et qu'il n'a pu ainsi cesser d'être parallèle à lui-même.

Cet axe étant donc incliné sur l'écliptique d'une certaine quantité, et toujours dans le même sens, il suit que si dans un certain point de l'orbite

annuelle, le pole du nord, par exemple, tombe au-delà de la courbe décrite par le centre de la terre, et ne peut ainsi voir le soleil ; à six mois de-là, et dans le point de l'écliptique diamétralement opposé, ce même pole tombera en-deçà, et jouira de la présence du soleil : ainsi cet astre paraîtra s'être approché de l'un des poles, et s'être éloigné de l'autre. Sa distance au zénith pour un pays quelconque aura changé tous les jours, comme s'il eût été vraiment en mouvement ; et la ligne qui joint les centres du soleil et de la terre, aura paru décrire sur la surface de notre globe, une courbe semblable à l'écliptique, et comprise de même entre les deux tropiques.

Pour faciliter l'intelllgence de ce que nous disons ici ; soit (*fig.* 39e) *S* le soleil immobile au centre de l'écliptique : concevons que la ligne *A a* est un diamètre de ce cercle ; et considérons la terre, lorsqu'elle est à l'une des extrêmités *A* de cette ligne : l'axe autour duquel elle fait sa révolution journalière, étant dans la situation *P p*, incliné sur le plan de l'écliptique de 66 degrés et demi. Dans cette position, le soleil, comme on voit, répond perpendiculairement au tropique du Capricorne, si le point *P* est le pole du nord. Ce pole est alors privé de la lumière du soleil ; et l'autre pole jouit de sa présence : la perpendiculaire *L X* sépare l'hémisphère éclairé de celui qui est dans les ténèbres. Six mois après,

lorsque la terre se trouve à l'autre extrêmité du diamètre *A a*, l'axe conservant toujours la même position *P' p'* parallèle à *P p*. Les rayons du soleil tombent alors perpendiculairement sur l'autre tropique : le pole *P* ne voit plus le soleil, et l'autre à son tour reçoit ses rayons. Or dans les six mois qui se sont écoulés depuis que la terre a passé de l'une de ces positions à l'autre, le soleil a donc paru aller du tropique du Capricorne au tropique du Cancer. Le rayon *A S*, que nous avons considéré, a tracé sur la surface de la terre une moitié de l'écliptique ; et le soleil lui-même, tout immobile qu'il est, a paru s'éloigner de l'un des poles, et s'approcher de l'autre. Le parallélisme de l'axe de la terre admis, il n'est donc aucun phénomène céleste qui ne s'explique avec la plus grande facilité, dans le systême qui fait mouvoir la terre comme les autres planètes autour du soleil immobile au centre du monde. Il reste à examiner s'il n'y aurait pas quelque raison assez puissante pour le faire rejeter.

Nous ne nous amuserons pas à rappeler ici toutes les objections que l'on a faites contre le mouvement de la terre : la plupart ne méritent pas les honneurs d'une réfutation. D'ailleurs l'on a déjà répondu plus haut à quelques-unes des plus marquantes. Nous nous bornerons donc ici à la plus importante de toutes celles que l'on fit à Copernic, savant illustre du 16e siècle, qui est

sinon l'auteur, au moins le restaurateur du système que nous développons ici, et qui le premier l'a établi sur des fondemens solides.

Si la terre se meut autour du soleil, elle change donc de place dans l'espace : elle se trouve au bout de six mois de temps en un point de son orbite, éloigné de celui où elle était d'abord de toute la longueur du diamètre de cette orbite ; et quoique son axe soit toujours parallèle à lui-même, comme elle s'est déplacée d'une assez grande quantité, il faut que ce déplacement réel ait eu quelque influence sur la position apparente des étoiles. L'étoile, par exemple, qui passe aujourd'hui à notre zénith, devrait en être éloignée d'une certaine quantité, dans six mois d'ici, lorsque nous serons à 69 millions de lieues du point où nous nous trouvons maintenant. Cependant il n'en sera rien : la même étoile passera encore exactement au dessus de notre tête dans six mois comme à présent. Transportés continuellement autour du soleil dans un cercle de 34 à 35 millions de lieues de rayon, nous n'appercevons pas le plus petit mouvement dans les étoiles : elles sont constamment vues à la même place ; et tout se passe à leur égard, comme si nous étions dans le repos le plus absolu. Comment accorder ce fait avec le mouvement supposé du globe terrestre ?

Il est bien vrai que les étoiles ne sont pas affectées le moins du monde par le déplacement continuel

continuel de la terre. Les plus habiles astronomes qui se sont occupés de la recherche de la *parallaxe* de l'orbe terrestre, n'ont pu en trouver aucune trace. Il est donc très-sûr qu'un intervalle de 69 millions de lieues, ne produit pas le plus petit changement dans la position des étoiles. Mais que conclure de-là ? que la terre est en repos ? Nous avons déjà trop de raison de la croire en mouvement autour du soleil. Nous en conclurons plutôt que les étoiles sont dans un si grand éloignement, que 69 millions de lieues sont une quantité insensible à la distance ou elles sont de nous. C'est ce que répondit autrefois Copernic à ceux qui lui firent cette objection ; et ce qui se trouve justifié par ce que l'on a dit au commencement de ce traité, de la nullité de l'effet des plus forts télescopes sur les étoiles, même les plus brillantes, et qui semblent être le moins éloignées de nous. Un espace de plus de 80,000 lieues n'occupe pas deux minutes dans le ciel, à la distance de Jupiter : dans un éloignement dix ou douze fois plus grand, cet espace qui nous paraît si considérable, ne serait presque plus sensible pour nous. Est-il donc si incróyable que le diamètre de l'orbite terrestre soit nul par rapport aux étoiles fixes ? L'objection ne prouve donc autre chose, sinon que les étoiles sont à une distance énorme de la terre : ce que nous savions déjà. Le défaut absolu de parallaxe, même pour les étoiles les plus brillantes, les éloi-

gne de la terre au moins 100,000 fois plus que le soleil. Notre soleil, transporté à cette distance prodigieuse, serait absolument imperceptible pour nous : du moins on ne conçoit pas comment il pourrait être vu dans cet éloignement, puisqu'alors, comme dit M. Bailli, la 156e partie de l'épaisseur d'un cheveu placé à 10 pieds de distance de l'œil, suffirait pour l'éclipser ; et que sa lumière serait 10 milliards de fois plus faible.

L'on vient de rapporter et d'apprécier en même temps la plus forte objection qui ait été faite contre le mouvement annuel de la terre : il est juste que nous fassions connaître aussi la preuve la plus directe de ce mouvement ; et que nous mettions ainsi le sceau de la démonstration à toutes les puissantes probabilités détaillées ci-dessus. Bradley, célèbre astronome anglais, cherchant la parallaxe annuelle avec d'excellents instrumens, découvrit un petit mouvement dans les étoiles ; mais opposé à celui que la parallaxe, si elle avait eu lieu pour elles, aurait dû leur communiquer. Par l'effet de ce mouvement, toutes les étoiles paraissent avancer vers le nord pendant six mois de l'année, et retourner ensuite vers le sud pendant les six autres mois. Mais la quantité dont elles sont ainsi déplacées, n'est pas la même pour toutes. Celles qui sont au pole de l'écliptique, paraissent s'approcher et s'éloigner alternativement de ce cercle de 40 secondes. Ce changement en latitude diminue à mesure que

la distance à l'écliptique devient moindre : de façon qu'il est nul pour celles qui sont dans le plan même de ce cercle. Celles-ci n'éprouvent qu'un changement en longitude, et ne paraissent jamais sortir du plan de l'écliptique. Ce petit mouvement des étoiles découvert par Bradley, s'appelle *aberration*; et il s'agit à présent d'en faire connaître la cause. C'est encore Bradley qui a eu la gloire de l'appercevoir.

Si la terre était immobile, le rayon de lumière qui nous apporte l'image d'une étoile, ne ferait sur notre organe qu'une impression simple, et résultante d'un seul mouvement, celui du rayon; et nous verrions ainsi l'étoile constamment à la même place, à la place qu'elle occupe réellement. Ce serait encore la même chose, si la vîtesse de la lumière n'avait aucun rapport assignable avec celle de la terre supposée en mouvement. Mais si ces deux vîtesses peuvent être comparées entre elles, alors le choc du rayon de lumière deviendra composé, à cause du double mouvement de l'œil et du rayon; et la véritable position de l'étoile éprouvera une altération apparente. Les éclipses des satellites de Jupiter nous ont appris que la lumière employait environ 8 minutes pour venir du soleil à nous. Sa vîtesse est donc 10,313 fois plus grande que celle de la terre dans son orbite. Mais ce rapport n'est point assez considérable pour que le mouvement de la terre puisse

être regardé comme nul, relativement à celui de la lumière. Au contraire, il répond exactement à la quantité de l'aberration trouvée par Bradley ; et il résulte de ce rapport, que les étoiles qui sont au pole de l'écliptique doivent paraître toujours plus avancées de 20 secondes qu'elles ne sont réellement ; et que la terre décrivant un cercle dans un an, elles doivent aussi décrire en apparence dans le même temps un petit cercle de 40 secondes de diamètre. En voici la preuve.

Soit *A F* (*fig.* 40e) une petite portion de l'écliptique ; *E* une étoile vue au pole de ce cercle ; *E B*, le rayon de cette étoile qui vient frapper notre œil, lorsque la terre est en *B*. Il a fallu à ce rayon un certain temps pour venir de l'étoile jusqu'à nous ; et pendant ce temps-là la terre a avancé d'une certaine quantité dans son orbite. Supposons que pendant que le rayon descend de *C* en *B*, la terre parcourt elle-même la portion *A B* de l'écliptique : au moment où ce rayon nous atteint, il se fait un double choc résultant des deux mouvemens, celui du rayon de lumière, et celui de l'œil même qui est emporté avec la terre. Or d'après les lois du mouvement composé, l'effet doit être le même que si l'œil étant en repos, le rayon lumineux était venu le frapper tout à la fois dans les deux directions *F B* et *C B*. Mais lorsqu'un corps est frappé en même temps en deux sens différents, l'effet est encore le même que s'il ne

l'était que dans une seule direction moyenne entre ces deux-là. Ainsi le rayon de lumière auquel nous avons transporté le mouvement de la terre, mais dans le sens contraire, fera la même impression sur notre œil, que s'il était venu suivant la ligne *D B* moyenne entre *B C* et *B F*. L'étoile qui est en *E* sera donc vue sur la ligne *D B* : elle paraîtra donc plus avancée qu'elle n'est du côté vers lequel nous marchons, d'une quantité égale à l'angle *D B C*.

A présent donc si la terre est en mouvement autour du soleil, il faut que ce mouvement se combine avec celui de la lumière, et qu'il en résulte un changement apparent dans la position des étoiles : il faut que ce changement se fasse dans le sens du mouvement de la terre, et qu'il soit de 20 secondes pour les étoiles placées au pole de l'écliptique ; car c'est-là la valeur de l'angle *D B C*, lorsque les côtés *C B* et *A B* sont entre eux dans le rapport des vîtesses de la terre et de la lumière : il faut enfin que cette quantité diminue avec la latitude, parce que cet angle diminue avec elle ; et qu'elle soit nulle pour les étoiles placées dans l'écliptique, parce que les rayons qui nous viennent de ces étoiles se meuvent dans le même plan que la terre. Or ce sont précisément là toutes les circonstances du phénomène de l'aberration découvert par Bradley. Les étoiles sont toutes déplacées plus ou moins, et ont un

petit mouvement autour de leur vrai lieu. Leur lieu apparent est toujours en avant, et du côté vers lequel marche la terre. Celles qui sont au pole de l'écliptique tournent sans cesse, et décrivent dans l'espace d'un an un petit cercle de 20 secondes de rayon. Enfin, comme on l'a dit, la quantité de ce déplacement en latitude est d'autant plus petite que la distance à l'écliptique est moindre. Le phénomène de l'aberration s'accordant si parfaitement avec le mouvement annuel de la terre, dont il est une conséquence nécessaire, l'on peut donc dire qu'il en est la preuve démonstrative, et le complément de toutes celles que nous avons apportées ci-dessus.

Le véritable systême du monde, le seul prouvé, le seul admissible, place donc le soleil au centre, (*fig.* 41ᵉ) et fait mouvoir autour de lui, dans des ellipses plus ou moins excentriques, toutes les planètes, la terre comprise, avec leurs satellites et les comètes. Tous ces globes sont destinés à nourrir des êtres vivants et sensibles. Il y a plus : toutes les étoiles fixes sont autant de soleils qui échauffent et éclairent une infinité d'autres terres. Notre globe est un atome en comparaison du soleil et de toutes les planêtes de notre systême. Mais ce systême n'est rien lui-même auprès de la multitude innombrable des corps célestes. O homme, prosterne-toi, et adore !

CHAPITRE XV.

Des Marées.

QUOIQUE les marées soient un phénomène purement terrestre, cependant elles ont, comme on le verra, tant de liaison avec les différentes positions de la lune et du soleil à notre égard, que nous croyons devoir en dire un mot, en terminant cet ouvrage. On a donné le nom de *marées* à ce mouvement alternatif qui élève et abaisse deux fois en 24 heures les eaux de l'Océan. A partir du niveau le plus bas, la mer monte peu à peu, et s'étend progressivement sur ses bords pendant l'espace de six heures, envahissant une étendue de terre plus ou moins grande, selon que le rivage a plus ou moins de pente. Parvenue à sa plus grande hauteur, elle y demeure stationnaire quelque temps, après quoi elle s'abaisse et se retire peu à peu de la même manière qu'elle s'était élevée. L'ascension des eaux s'appelle le *flux*, ou le *flot*; leur abaissement, le *jusant*, ou le *reflux*.

La quantité dont les eaux s'élèvent n'est pas la même, ni sur toutes les côtes, ni dans toutes les parties de la mer. A St-Malo, les plus fortes marées sont quelquefois de 45 pieds, et même plus.

A Brest qui n'en est pas loin, elles ne vont guère qu'à 22 ou 23 pieds. Au cap de Bonne-Espérance, à l'île Ste-Hélène, leur plus grande hauteur n'est que de 3 pieds; et au milieu de la mer du sud, il n'y a, dit-on, qu'un pied de marée. L'on croirait d'abord, d'après ce que l'on vient de rapporter, que la mer s'élève davantage, à mesure qu'on s'éloigne de l'équateur : mais il s'en faut de beaucoup que cela ne soit ainsi; car la marée monte moins en Hollande et en Norvège que sur les côtes de France; et à une latitude encore plus élevée, la marée n'est presque plus sensible.

La quantité absolue dont les eaux s'élèvent, dépend non-seulement de la cause, quelle qu'elle soit, qui produit les marées, mais encore du gissement des côtes, de la nature et de la disposition du fond, et de la facilité plus ou mois grande que la mer trouve à s'étendre. En effet, si une côte présente des anfractuosités qui s'ouvrent du côté par où les eaux arrivent; si d'ailleurs le fond y est assez uni, et d'une pente assez douce pour ne gêner leur mouvement que le moins qu'il est possible; si enfin elle se trouve au débouché, ou à l'ouverture d'un canal où la mer est fort resserrée, il est clair que les eaux trouvant plus de facilité et moins d'obstacles pour s'élever, monteront en effet plus haut sur cette côte, que sur une autre qui serait disposée moins favorablement.

La hauteur des marées n'est pas non plus la même pendant toute l'année pour un même pays. Outre les causes locales et fixes dont on vient de parler, il en est une autre accidentelle et variable, qui a beaucoup d'influence ici; ce sont les vents. Il est clair que, si pendant que la mer monte, il souffle un grand vent dans la direction de la marée, les eaux s'élèveront plus haut qu'elles n'auraient fait sans cela : ce sera tout le contraire, si le vent souffle dans la direction opposée.

Mais même en fesant abstraction de cette cause étrangère, et de toutes les autres, la hauteur de la marée varie d'un jour à l'autre sur la même côte. Elle va en augmentant pendant sept à huit jours, et elle diminue après pendant la semaine suivante; de façon que dans le cours d'un mois, il y a deux époques éloignées entre elles de quinze jours, où la mer s'élève plus ; et deux autres également distantes entre elles, où elle monte moins que dans tout autre temps. On remarque aussi dans l'année deux marées extraordinaires par leur hauteur, et qui sont placées à six mois d'intervalle, et aux environs des équinoxes.

La haute mer n'arrive pas en même temps pour toute la terre : tandis que les eaux s'élèvent dans un endroit, elles s'abaissent dans un autre. Les marées ont une marche progressive d'orient en occident, et parcourent ainsi successivement toute l'étendue des mers. Elles s'avancent aussi de la

même manière de l'équateur vers les poles. La haute mer arrive plutôt à Bayonne qu'à la Rochelle, plutôt à la Rochelle qu'à Brest, et à Brest plutôt qu'à Dunkerque.

Enfin, ce qu'il y a peut-être de plus important à remarquer ici, c'est que les marées retardent continuellement et tous les jours de la même quantité à peu près. Si la haute mer est arrivée aujourd'hui à midi, elle arrivera demain à midi et trois quarts; après demain à une heure et demie, et ainsi de suite, retardant de 48 minutes environ sur 24 heures. Mais dans cet intervalle de 24 heures, il y a toujours une seconde marée, à douze heures et 24 minutes de distance de la première. Telles sont les principales circonstances du phénomène du flux et reflux; et il s'agit actuellement d'en découvrir la cause.

A la manière dont on a dit que la mer montait et descendait, on reconnaît d'abord que la cause qui balance ainsi régulièrement ses eaux, n'agit point brusquement, et comme par secousse. Elle ne soulève point les eaux de l'Océan avec impétuosité de douze heures en douze heures, pour les laisser ensuite retomber précipitamment par leur propre poids. Non : elle agit peu à peu, et avec une certaine lenteur. La masse qu'elle remue paraît lui opposer une certaine résistance, qui ne peut être vaincue que par des efforts successifs et renouvellés pendant plusieurs heures de suite. Mais lors-

que les eaux sont parvenues à leur plus grande hauteur, la cause qui les a ainsi élevées, ne les abandonne point subitement à leur pesanteur : elle continue au contraire d'agir sur elles, quand elles descendent : elle paraît les soutenir encore et les empêcher de retomber avec une vîtesse proportionnée à leur élévation précédente. Il y a plus : c'est que les eaux étant venues à une certaine hauteur que l'on peut considérer comme leur niveau naturel, la même cause continue d'agir sur elles, et les abaisse plus ou moins au dessous de ce point : de sorte que son action, bien que sujette à des alternatives d'augmentation et de diminution, n'est cependant jamais interrompue, et ne cesse jamais de se faire sentir. Il suit de-là que la mer n'a point, à proprement parler, de niveau fixe. Dans les marées basses, ses eaux descendent quelquefois plus, quelquefois moins, selon la manière d'agir de la force qui les meut ; et pour avoir un terme connu, d'où l'on puisse commencer à compter, on suppose que la ligne de niveau est au tiers de l'intervalle qu'il y a entre la haute et la basse mer.

En second lieu, les marées ayant un mouvement progressif d'orient en occident, il faut que la cause qui les produit, suive elle-même cette marche. De plus elle doit avoir son siège entre les tropiques ; puisqu'elle agit d'abord sur les eaux de la zone torride, pour se communiquer ensuite à celles qui sont dans les zones tempérées. C'est donc

à ce qu'il paraît, hors du globe terrestre, qu'il faut chercher l'agent puissant qui soulève et maîtrise ainsi la masse de ses eaux.

Ces premières considérations nous amènent naturellement à examiner s'il n'y aurait pas quelque relation entre notre océan, et quelqu'un des corps célestes que nous avons fait connaître ci-dessus. Au premier coup-d'œil on apperçoit une grande correspondance entre la marche des marées et les différentes positions du satellite de la terre. 1° La haute mer arrive toujours peu de temps après que la lune a passé par le méridien. 2° Elle retarde d'environ 48 minutes dans 24 heures, comme les passages de la lune par le méridien. 3° Les plus grandes marées du mois arrivent toujours aux environs des syzigies, c'est-à-dire, des nouvelles et pleines lunes; et les plus petites ont lieu dans les quadratures, ou dans le premier et le dernier quartier. Un accord aussi parfait n'est certainement pas un jeu du hasard; et il faut qu'il y ait entre la lune et notre globe une réciprocité d'action que nous n'aurions pas soupçonnée. Cette conséquence sera encore confirmée par les observations suivantes

La distance de la lune à la terre varie beaucoup, comme on sait, dans le cours d'une lunaison. Si cet astre a quelque influence sur le globe terrestre, il faut que l'on apperçoive une différence dans sa manière d'agir, selon qu'il est plus près ou plus

loin de nous. Or toutes choses égales d'ailleurs, les marées sont plus hautes, lorsque la lune est à sa moindre distance de la terre ; et elles s'élèvent beaucoup moins, quand elle en est à sa plus grande distance. Les plus grandes marées arrivent lorsque le périgée concourt avec la conjonction ou l'opposition ; et les plus petites, lorsque l'apogée se rencontre avec les quadratures : de sorte encore que le périgée arrivant dans les quadratures, produit une augmentation dans les marées de ce temps-là ; et que l'apogée concourant avec les syzigies, rend les marées moindres qu'elles ne devraient être dans ces circonstances.

Enfin la position de la lune dans le ciel paraît encore avoir quelque influence sur la hauteur des marées. L'on a remarqué que celles qui arrivent, lorsque la lune est dans l'équateur, ou aux environs, surpassent celles qui ont lieu, lorsqu'elle est dans ses plus grandes déclinaisons, toutes les autres circonstances étant supposées les mêmes. Ceci n'est pourtant pas, suivant M. de Lalande, aussi constant qu'on le pense. Cet habile astronome croit que les marées, pour un lieu en particulier, sont généralement plus hautes, quand la lune est plus près du zénith de ce lieu. Ce qui empêche que cet effet ne soit aussi sensible qu'il devrait l'être, c'est que, par une raison dont il sera bientôt question, des deux marées qui arrivent alors dans l'espace de 24 heures, il y en a

une qui s'élève beaucoup moins que l'autre : c'est celle qui a lieu, lorsque la lune est sous l'horison. M. de Lalande pense que ces deux marées se combinent ordinairement de manière que l'une monte plus, et l'autre moins qu'elle ne devrait.

Il existe donc, comme on voit, entre les mouvemens de notre océan, et les différentes positions de la lune, une correspondance si parfaite, qu'on ne peut s'empêcher de reconnaître cet astre pour la principale cause productrice des marées. Aussi presque tous les philosophes qui ont fait de ce phénomène l'objet de leurs méditations, s'accordent-ils à l'attribuer à l'action du satellite de la terre. Descartes et ses disciples ont cru que le flux et le reflux était produit par la pression du tourbillon lunaire sur la masse des eaux terrestres. Tous les corps célestes, dans le système des Cartésiens, sont environnés d'un fluide subtil qui circule autour d'eux en forme de tourbillon : le globe terrestre a un tourbillon : la lune a aussi le sien. Ces tourbillons ne sont point parfaitement sphériques ; ils ont une forme allongée ou elliptique. Ils s'étendent d'ailleurs à une assez grande distance des globes qu'ils enveloppent, et peuvent se gêner réciproquement, ou au moins se déformer un peu dans l'endroit où ils se touchent. Ces suppositions admises, voici comme on expliquait le flux et le reflux.

Le tourbillon de matière subtile qui circule au-

tour de la lune, et qui est limitrophe avec celui de notre globe, ou plutôt qui est enclavé dans le tourbillon terrestre, doit exercer continuellement sur celui-ci un certain degré de pression. Cette pression se transmettant jusqu'aux eaux de la mer, elles cèdent et s'enfoncent dans l'endroit qui est directement au dessous de la lune; tandis qu'elles s'élèvent à quelque distance de là, tout autour de l'espace sur lequel le tourbillon lunaire exerce son action: et comme la lune, par l'effet du mouvement journalier, répond successivement à différents points de la surface des mers, les marées doivent faire le tour du globe d'orient en occident: les eaux d'abord élevées, s'abaissant à leur tour, et celles qui avaient été comprimées, revenant à leur niveau, et s'élevant ensuite par l'affluence de celles qui se trouvent alors refoulées par l'action de la lune. Les marées montent davantage dans les nouvelles lunes, parce que le tourbillon lunaire dans cette circonstance, est gêné dans son mouvement par celui du soleil; d'où résulte une pression plus forte sur les eaux de la mer. Les marées du périgée doivent aussi s'élever davantage, parce que la lune est alors plus près de la terre; et que son tourbillon pénètre plus avant dans le nôtre, et le comprime ainsi avec plus de force. Enfin, quelque soit l'inégalité des marées, on s'était ménagé le moyen d'en rendre raison, en supposant que le tourbillon lunaire avait une forme el-

liptique, et qu'il prenait des positions différentes par rapport à la terre. Il est clair en effet que la pression sur les eaux de la mer sera plus ou moins considérable, selon que le grand ou le petit axe de ce tourbillon sera dirigé vers nous.

Telle est l'explication que les Cartésiens donnaient du phénomène dont il est ici question. Mais il est aisé de voir que ce système, qui semble d'abord quadrer assez bien avec les principales circonstances de ce phénomène, est pourtant fort incomplet, et ne saurait rendre raison de quelques autres particularités tout aussi importantes que celles dont on vient de faire mention. Ainsi il n'explique pas pourquoi il y a aussi une marée dans la partie du globe opposée à celle qui est en face de la lune. Il n'explique point les marées extraordinaires de l'opposition, ou qui arrivent en pleine lune. L'on sent bien pourtant qu'un bon système d'explication doit rendre raison de ces faits, comme des autres. Mais celui que l'on vient d'exposer, pèche encore par un endroit plus essentiel : on y suppose que les eaux s'abaissent au dessous de la lune ; et que la haute mer n'arrive pour un lieu de la terre, que lorsque cet astre est à l'horison. Or cette supposition est directement contraire à l'observation. La mer s'élève quand la lune est au méridien, et la basse marée a lieu quand elle est à l'horison.

Toutes ces considérations ont fait rejeter depuis long-temps

long-temps cette prétendue pression de la lune sur les eaux de la mer. L'explication fondée sur l'action du tourbillon lunaire, s'est évanouie avec tout le système brillant et peu solide des tourbillons; et les philosophes modernes, en attribuant aussi les marées à l'influence de notre satellite, ont reconnu en lui une manière d'agir qui s'accorde mieux avec tous les faits ci-dessus mentionnés, et qui est d'ailleurs appuyée sur un principe dont on a précédemment reconnu l'existence.

L'examen de tous les phénomènes célestes nous a appris qu'il existait dans tous les corps une force générale d'attraction qui les sollicite sans cesse à s'approcher les uns des autres, et qui est proportionnelle à leur masse. La lune et la terre s'attirent donc réciproquement : mais notre globe ayant environ une masse cent fois plus grande, maîtrise le globe de la lune, et le contraint de circuler autour de nous. Cependant l'action de la lune sur la terre, quoique beaucoup plus faible, n'est pas nulle pour cela. Elle déplace à chaque instant le globe terrestre, mais d'une quantité trop peu sensible pour pouvoir être observée. Un effet plus remarquable qu'elle produit sur notre terre, c'est la précession des équinoxes. Ce mouvement rétrograde des nœuds de l'écliptique est attribué à l'attraction de la lune sur cette zone plus élevée qui enveloppe notre globe à l'équateur. Mais si la lune peut exercer quelqu'action sur notre terre, cette

action se manifestera sur-tout dans la substance la plus mobile de toutes celles qui sont à sa surface, c'est-à-dire, sur les grandes étendues d'eau. La mer doit donc, à cause de sa grande mobilité, obéir à l'attraction de la lune, et suivre cet astre dans tous ses mouvemens. C'est justement ce qui a lieu, comme on va le voir; et c'est en cela que consiste le phénomèue des marées.

Supposons d'abord la lune à l'horison, du côté du levant. Son action pour soulever les eaux de nos mers, et les attirer à elle, s'exerçant alors dans une direction extrêmement oblique, ne pourra en aucune manière les élever au dessus de leur niveau. Elle les abaissera au contraire, et les approchera même du centre de la terre, comme on le voit par la figure 42ᵉ, où la lune est supposée en *L*, agissant par conséquent sur les eaux placées en *Q*, dans la direction *L Q*. Cette action oblique ne peut dans ce cas produire d'autre effet que d'abaisser les eaux au dessous de leur niveau. Mais à mesure que cet astre monte sur l'horison, son action sur les mêmes eaux devient de moins en moins oblique : la mer s'élève donc de plus en plus, jusqu'à ce que la lune étant arrivée au méridien, son attraction soit parvenue à son plus haut degré d'énergie, et la mer à sa plus grande hauteur. Passé ce terme, l'action de la lune sur les eaux s'affaiblit de plus en plus, à mesure que cet astre se rapproche de l'horison; et la mer com-

mence aussi à descendre peu à peu, et se retrouve enfin au coucher de la lune, au même point où elle était à son lever. Cette première marée qui arrive lorsque la lune est au dessus de l'horison, paraît donc bien être l'effet de l'attraction lunaire. Il en est de même de celle qui arrive lorsqu'elle est au dessous de l'horison.

Le diamètre du globe terrestre, comparé à la distance de la lune, n'est point assez petit pour qu'on puisse regarder l'attraction lunaire comme la même sur toutes les parties de la terre. Il est clair que le point qui est en face de la lune, en étant sensiblement plus près, doit être plus fortement attiré que le centre de la terre; et le centre plus aussi que le point diamétralement opposé au premier. Si la terre ne formait qu'une masse solide, dont toutes les parties fussent étroitement liées entre elles, cette différence d'attraction dépendante de l'inégalité de distance, ne produirait aucun effet sensible : la terre toute entière serait déplacée de la même quantité par l'action de la lune. Mais puisqu'il y a sur notre globe une substance capable de se mouvoir en particulier, et d'obéir séparément à une force qui agirait sur elle; que cette substance mobile peut s'éloigner jusqu'à un certain point de celle qui est solide; il suit que l'inégalité de l'attraction lunaire doit obliger les eaux de nos mers à s'élever au dessus de leur niveau, et à s'écarter ainsi du centre

de la terre, soit que cette attraction agisse avec plus de force sur la partie fluide, soit que son action soit plus puissante sur la partie solide. Lorsque la lune est au méridien supérieur, les eaux s'élèvent au dessous d'elle, parce qu'à raison d'une moindre distance, elles sont plus fortement attirées que le centre du globe terrestre. Mais ces mêmes eaux s'élèveront encore, lorsque la lune aura passé dans la moitié inférieure du méridien, parce qu'étant alors à une plus grande distance, elles éprouveront une attraction moindre que celle qui se fait sentir sur le centre de la terre. La partie solide du globe s'approchera donc davantage de la lune, et nos mers resteront en arrière : elles se trouveront donc ainsi plus éloignées du centre, et l'effet sera le même que lorsque la lune était placée directement au dessus d'elles.

Dans la figure 42e, les trois points *A C B*, situés sur un même diamètre dirigé vers la lune, supposée en *H*, sont plus ou moins attirés par cet astre, et s'approchent vers lui plus ou moins selon leurs distances. Si le point *A* est par exemple transporté en avant de 100 pieds, le point central *C* ne sera déplacé que de 90 pieds, et le point le plus éloigné *B*, seulement de 80. Le point *A* arrivera donc en *a*; le centre *C* se trouvera en *c*, et le point *B* en *b*. Ce dernier point sera donc autant éloigné du centre que le premier : la mer

se sera aussi élevée dans cet endroit ; et il y aura aussi une marée dans la partie du globe qui est opposée à la lune. D'un autre côté, à cause de l'obliquité de l'action de la lune sur les parties *P* et *Q*, les mers s'abaisseront et s'approcheront du centre dans ces deux endroits. La partie fluide du globe terrestre prendra donc ainsi, par l'effet de l'attraction lunaire, la forme d'un *ellipsoïde a q b p*, dont le grand axe sera toujours dirigé vers la lune ; les mers qui sont à l'opposite de cette planète, s'éloignant du centre, et s'élevant comme celles qui sont directement au dessous d'elle. Les deux marées qui arrivent dans l'espace de 24 heures, sont donc produites par la même cause, et s'expliquent avec une égale facilité dans les principes de l'attraction.

On a supposé jusqu'ici que la haute mer arrivait au moment du passage de la lune par le méridien. Cela n'est point exact : ce n'est pas précisément au dessous de la lune que se trouve le sommet de l'ellipsoïde aqueux ; il en est toujours à quelque distance du côté de l'orient : mais cette distance n'est jamais de plus de 15 degrés. La raison pour laquelle la haute mer n'arrive que quelque temps après le passage de la lune par le méridien, c'est que toute action dans la nature est nécessairement successive. Les eaux n'obéissent pas instantanément à la force qui les soulève : leur inertie les retient et

les empêche de suivre avec assez de promptitude la marche progressive de l'astre qui agit sur elles. Ainsi elles n'arrivent pas à leur *maximum* de hauteur, au même instant que la force attractive de la lune est parvenue à son plus haut degré d'énergie ; mais seulement quelque temps après. C'est ainsi que le moment de la plus grande chaleur du jour suit toujours à quelque distance celui du passage du soleil par le méridien. D'ailleurs on va voir qu'outre l'action de la lune, il faut encore ici considérer celle du soleil.

Si le satellite de la terre a assez de puissance pour remuer les eaux qui sont à la surface de notre globe, le soleil aussi, dont la masse est si grande, et l'attraction si puissante, doit jouir du même pouvoir, et exercer sur nos mers une action semblable. Il ne faut pas croire cependant que l'influence du soleil sur les marées soit proportionnelle à sa force attractive ; et que son action à cet égard soit supérieure à celle de la lune. Non : cette planète, comme on vient de dire, ne produit une élévation dans les eaux de la mer, que parce qu'elle agit inégalement sur le centre du globe, et sur les extrêmités du diamètre, qui est tourné de son côté. Sa distance n'est pas assez grande, pour qu'un demi-diamètre terrestre de plus ou de moins ne l'augmente, ou ne la diminue

sensiblement. La lune dans ses moyennes distances est éloignée du centre de la terre, de 60 rayons, ou demi-diamètres terrestres. Le point de la surface du globe qui est placé au dessous de la lune, et celui qui lui est diamétralement opposé, sont donc par rapport à cet astre, l'un d'un 60e plus près, et l'autre plus éloigné d'un 60e que le centre de la terre. Une différence aussi considérable dans la distance, produit nécessairement une inégalité très-sensible dans l'intensité de l'attraction lunaire. Il n'en est pas de même par rapport au soleil: son grand éloignement est cause que la surface de notre globe et son centre, en sont pour ainsi dire à égale distance. La distance moyenne du soleil à la terre, exprimée en demi-diamètres terrestres, est de 24,266. Ainsi le point de la surface de notre globe, qui répond directement au soleil, comparé au centre de la terre, ne se trouve plus près de cet astre que d'un 24,000e environ: d'où il suit que l'attraction solaire sur ces deux points, ne doit différer que de cette quantité; et qu'elle doit avoir ainsi, quoique plus puissante, moins d'influence sur les marées que l'attraction de la lune. L'on a calculé la différence de ces deux actions, et l'on a trouvé que celle du soleil était par rapport à celle de la lune, comme un par rapport à deux et demi. M. de la Place trouve

que l'action de la lune sur les marées est le triple de celle du soleil.

L'élévation des eaux de la mer étant le résultat des attractions combinées du soleil et de la lune, il suit que le sommet de l'ellipsoïde aqueux ne doit point se trouver au dessous de cette planète; mais qu'il doit toujours en être à quelque distance, et répondre en quelque endroit du ciel placé entre elle et le soleil, au moins quand cet astre est à l'orient de la lune. Mais quand il est placé à l'occident, son action ne peut que rapprocher la haute mer du point qui est au dessous de la lune, sans la faire passer au-delà; puisque d'après l'observation faite ci-dessus le point le plus élevé des eaux se trouve toujours, et doit en effet se trouver à l'orient de la lune. On a observé qu'en pleine mer, ce point ne pouvait pas en être éloigné de plus de 15 degrés : mais sur les côtes, cette distance peut être plus grande par l'effet de quelque cause locale.

Il suit encore du même principe, que les marées s'élèveront plus ou moins, selon que les actions du soleil et de la lune seront ou ne seront pas d'accord entre elles. De là l'explication simple et facile des marées extraordinaires qui arrivent réguliérement chaque mois aux environs des syzigies. Dans la conjonction la mer monte plus haut, parce que les deux forces qui

la soulèvent, agissent dans le même sens; et que sa hauteur est ainsi l'effet de leurs actions réunies. La même chose a lieu dans l'opposition, parce que ces deux forces, quoique agissant en sens contraire, concourent encore à produire le même effet : les eaux qui sont vis-à-vis du soleil, par exemple, s'élevant vers cet astre, parce qu'elles en sont plus fortement attirées que le centre du globe; tandis que la lune qui est du côté opposé, attirant au contraire le centre avec plus de force, et laissant ces eaux en arrière, contribue ainsi à augmenter leur élévation au dessous du soleil; comme le soleil, par la même raison, contribue à augmenter la hauteur de celles qui sont vis-à-vis de la lune.

Quant aux marées qui arrivent dans les quadratures, on voit déjà qu'elles doivent s'élever moins, parce que les attractions lunaires et solaires se contrarient dans ces circonstances. En effet, lorsque la lune est dans ses quartiers, elle passe au méridien quand le soleil est à l'horison; et réciproquement elle se trouve dans l'horison, lorsque le soleil arrive au méridien. Ainsi quand l'un des deux astres élève les eaux qui sont au dessous de lui, l'autre qui est à 90 degrés de disstance, les abaisse dans le même endroit : les marées ne sont donc alors dues qu'à la différence des deux attractions; tandis que dans les syzigies, elles sont le produit de leur somme. Voi-

là donc encore des particularités constantes du phénomène des marées, dont le système de l'attraction rend une raison satisfaisante. Passons aux grandes marées des équinoxes.

Le soleil en parcourant l'écliptique dans un an, et la lune son orbite en 27 jours, portent successivement leur action directe sur différents points de l'étendue des mers. Lorsqu'ils sont l'un et l'autre aux tropiques, ou dans leurs plus grandes déclinaisons, leur attraction n'agit perpendiculairement que sur les mers d'un hémisphère, et elle s'exerce sur celles de l'autre dans une direction fort oblique. Par conséquent la masse totale des eaux qui sont en grande quantité aux environs de l'équateur, ne peut plus être soulevée avec la même force que lorsque ces deux astres se trouvent dans le voisinage de ce cercle. Dans ce dernier cas, leur action se distribue uniformément sur toute l'étendue des mers qui sont dans l'un et dans l'autre hémisphère : leur force est employée toute entière à les soulever ; ou du moins elle éprouve alors le plus petit déchet possible. Les marées des nouvelles et pleines lunes des équinoxes doivent donc s'élever plus que celles qui arrivent dans les autres temps de l'année.

Cependant, comme on l'a observé plus haut, M. de Lalande pense que les marées des solstices, et sur-tout celles du solstice d'été, peuvent surpasser celles des équinoxes ; et il remarque que les

marées les plus extraordinaires, dont on ait conservé le souvenir, sont arrivées à la première de ces deux époques. On peut consulter là-dessus un mémoire de ce savant qui se trouve dans le recueil de l'académie des sciences, pour l'année 1772. Au temps des équinoxes, les deux marées, qui ont lieu dans les 24 heures, sont égales entre elles pour un même pays : il n'en est pas de même dans les solstices. Si la lune, supposée pleine ou nouvelle, passe aujourd'hui le plus près possible de notre zénith, son action sur nos mers, lorsqu'elle arrivera au méridien, sera aussi la plus puissante qu'il se pourra ; et les eaux pour cette raison devraient alors monter plus haut que dans toute autre temps. Mais lorsque la lune aura passé sous l'horison, et sera arrivée au méridien inférieur, la seconde marée qu'elle produira alors dans nos mers, s'élèvera beaucoup moins que la première ; parce que les deux sommets de l'ellipsoïde aqueux sont toujours, l'un au dessous de la lune, et l'autre au point diamétralement opposé ; et ce dernier point, dans le cas présent, se trouve placé dans l'autre hémisphère. Les deux marées des solstices étant donc nécessairement inégales, elles doivent se compenser entre elles : ce qui empêche qu'elles ne s'élèvent communément aussi haut que celles des équinoxes.

Après tout ce qu'on a dit jusqu'ici, il n'est pas nécessaire, je pense, d'expliquer en détail, pour-

quoi la mer s'élève davantage lorsque la lune ou le soleil sont plus près de nous ; et pourquoi elle monte moins, quand ces deux astres sont à leurs plus grandes distances de la terre : il est évident que l'action qu'ils exercent sur les eaux terrestres doit augmenter quand leur éloignement diminue, et diminuer au contraire, quand il augmente. Enfin l'on voit assez que les plus hautes marées doivent arriver lorsque les syzigies concourent avec l'équinoxe, et que la lune est à son périgée ; et les plus petites, lorsque les quadratures se rencontrent avec l'apogée de la lune et du soleil.

L'attraction nous fournit donc une explication claire et précise du phénomène du flux et reflux dans ses principales circonstances. Non seulement elle rend raison de l'élévation lente et progressive des eaux : elle explique de même leur abaissement également lent et progressif. Elle nous apprend pourquoi les marées retardent tous les jours d'environ trois quarts d'heure ; pourquoi le moment de la haute mer suit toujours de près le passage de la lune par le méridien ; pourquoi les eaux s'élèvent également lorsque la lune passe par la moitié inférieure du même méridien ; pour quelle raison la mer monte davantage dans les nouvelles et les pleines lunes ; et sur-tout aux équinoxes, et lorsque la lune et le soleil sont moins éloignés de nous.

Mais quoique la cause réponde ici parfaitement

aux effets, nombre de philosophes ont rejeté constamment le système d'explication qu'on vient d'exposer, comme fondé sur un principe imaginaire. Ils regardent l'attraction comme une vertu occulte, comme une propriété métaphysique, gratuitement attribuée à la matière ; enfin comme un être de raison qui ne peut servir à expliquer les phénomènes de la nature. Mais d'abord on a vu que ce principe si contesté donnait la clef de toutes les inégalités remarquées dans les mouvemens célestes ; que les bisarreries apparentes de la lune seraient encore incompréhensibles pour les astronomes sans l'attraction ; que les révolutions des planètes dans des orbites elliptiques, ne pouvaient avoir lieu sans une force centrale émanée du soleil, et attirant les planètes vers ce foyer. D'un autre côté, on prouve en physique, qu'il existe dans la nature une force différente d'une pression extérieure qui pousse les corps les uns contre les autres ; qui est la cause de l'adhésion mutuelle de leurs parties ; qui les arrondit en sphères lorsqu'ils sont fluides ; qui leur fait prendre une figure régulière lorsqu'ils passent à l'état de solides. En un mot, dans une foule de circonstances tout se passe entre les corps, comme si réellement ils exerçaient les uns sur les autres une attraction réciproque. D'après toutes ces raisons, et celles rapportées plus haut, il nous semble qu'un esprit non prévenu doit admettre l'existence

de cette force, quelle qu'elle soit, à laquelle on est convenu de donner le nom d'attraction, sans rechercher de quelle manière elle peut exister dans les corps : car ce serait changer une question de fait, qui peut se résoudre aisément par l'expérience et l'observation, en une question de métaphysique, que ne sauraient éclaircir des raisonnemens abstraits et peu intelligibles.

L'on peut donc regarder comme prouvé le principe sur lequel nous avons fondé l'explication du flux et reflux. Le système que l'on vient de développer, rend d'ailleurs raison des principales circonstances de ce grand phénomène; et nul autre à cet égard ne peut lui être comparé. Ce sera donc à ce système que nous nous en tiendrons, en avouant cependant qu'il est un fait essentiel qui n'a point encore été expliqué d'une manière claire et satisfesante : c'est la petitesse des marées de la zone torride. On a dit que dans la mer pacifique, les eaux ne s'élevaient que d'un pied ; et il semble qu'elles devraient y monter bien plus haut que sur nos côtes, puisqu'elles sont soumises plus directement à l'action des causes qui produisent le flux et le reflux. Cette différence tiendrait-elle à la plus ou moins grande facilité que les eaux trouvent à s'étendre dans des mers plus libres ou plus resserrées ?

On objecte ordinairement contre le système qui explique les marées par l'attraction du soleil et de

la lune, le défaut de flux et reflux dans les petites mers, telles que la mer méditerranée. Pourquoi en effet les eaux de cette mer ne sont-elles pas élevées par la même cause qui élève celles de l'océan? C'est que son étendue est trop bornée. Quand les eaux montent dans un endroit, il faut que d'autres eaux viennent remplir leur place. Les marées ne sont point un simple gonflement, ou une dilatation de la mer : c'est une élévation de niveau qui ne peut avoir lieu sans que de nouvelles eaux ne viennent se placer au dessous de celles qui s'élèvent ; et sans que celles-ci ne se répandent tout autour sur celles qui les environnent. Les marées occasionnent ainsi sur toute l'étendue des mers, et dans leurs profondeurs, des courants dirigés en divers sens, dont les uns partent de l'endroit où les eaux sont le plus élevées, et dont les autres concourent au contraire vers ce même point. Si donc une mer a peu d'étendue, sur-tout dans le sens de la marche des marées, c'est-à-dire, d'orient en occident, ses eaux en s'élevant, ne pouvant pas être remplacées par d'autres eaux plus éloignées, cette mer ne pourra point éprouver les mêmes alternatives de flux et reflux qui auraient lieu dans une mer d'une étendue plus considérable. Telle est la raison pour laquelle il n'y a point de marées dans la méditerranée.

On a rendu raison de tout ce que les marées présentent d'uniforme et de régulier. Mais

ce phénomène éprouve sur les différentes côtes une foule de modifications particulières qui demanderaient chacune une explication à part, et sur lesquelles nous ne pouvons par conséquent pas nous arrêter. Mais nous croyons devoir dire un mot en finissant, du système imaginé par M. Bernardin de St-Pierre, pour expliquer le flux et reflux. Selon cet écrivain, la cause des marées se trouve dans la fonte graduelle des glaces polaires. Il suppose sur les deux poles du globe des calottes de glace très-élevées, et adhérentes à sa partie solide. Pendant six mois, le soleil travaille continuellement à résoudre celles du pole boréal; et pendant l'autre moitié de l'année, c'est sur les glaces du pole austral qu'il exerce son action. De-là résulte un courant général qui vient alternativement de l'un et de l'autre pole, et une augmentation sensible dans la hauteur de la mer. Mais ce dernier effet est passager et très-borné, par la raison que les eaux qui descendent du pole échauffé par le soleil, vont s'amasser et se durcir en glace sur celui qui est privé de la présence de cet astre. Tel est le fonds de ce système nouveau, dont on peut voir les développemens dans les *Etudes de la nature*. Nous nous contenterons d'observer ici, pour mettre le lecteur en état de l'apprécier, que l'auteur n'explique point pourquoi la mer monte et descend deux fois dans 24 heures; pourquoi les marées retardent

tous

tous les jours de trois quarts d'heure environ ; pourquoi elles sont plus hautes dans le périgée de la lune et les syzigies, et plus petites dans l'apogée et les quadratures ; pourquoi elles ont un mouvement progressif de l'équateur vers les poles, etc. etc. Cependant il est de toute évidence, qu'un bon système d'explication doit d'abord rendre raison de tout ce que le phénomène pour lequel il a été imaginé, présente de constant et de général.

CHAPITRE XVI.

Méthode pour apprendre à connaître les Constellations.

Il n'est personne qui, à la vue du magnifique spectacle que nous offre le ciel dans une belle nuit, n'ait senti quelquefois le desir de connaître, et l'ordre qui règne dans les corps célestes, et la manière dont les anciens les ont classés, et les noms qu'ils leur ont imposés. C'est pour satisfaire le vœu de mes lecteurs à cet égard, que je vais exposer ici la méthode qui m'a paru la plus simple et la plus facile pour arriver à cette connaissance. Celle des alignemens, que l'on trouve dans l'abrégé d'astronomie de Lalande, est excellente sans doute ; mais elle suppose que l'on a entre les mains un planisphère où les étoiles soient distinguées par des lettres grecques. Comme la plupart de mes lecteurs seront certainement dépourvus de ce secours, mon objet est de leur enseigner ici, comment ils pourront seuls, et par eux-mêmes, acquérir une idée générale du ciel étoilé, et apprendre à connaître les principales constellations.

Les premiers astronomes, pour mettre de l'or-

dre dans cette multitude d'étoiles qui brillent à nos yeux pendant la nuit, imaginèrent de diviser le ciel en différentes portions, comme un état sur la terre est divisé en différentes provinces ; et de désigner par un seul nom toutes les étoiles comprises dans une même division. Les portions ne purent être ni de la même forme, ni de la même grandeur : les unes furent comme indiquées par la nature ; les autres furent choisies arbitrairement. Il paraît même que cette division des étoiles en constellations ne fut pas faite toute à la fois, ni à la même époque. On remarqua d'abord dans le ciel des étoiles brillantes placées assez près les unes des autres : cette proximité fut une raison suffisante pour les réunir sous une même dénomination ; et telle est sans doute l'origine des constellations d'*Orion*, de la *grande Ourse*, de *Casiopée*, etc. Le besoin ensuite et les circonstances en firent établir d'autres, même dans les parties du ciel où l'on n'apperçoit aucune étoile remarquable : telles sont les constellations des *Poissons*, du *Cancer*, etc. Enfin, pour ne pas trop en multiplier le nombre, et pour réunir aussi des étoiles assez éloignées, on imagina des figures, qui, serpentant dans le ciel, embrassaient une assez grande étendue, et comprenaient ainsi les étoiles qui n'avaient pu trouver place dans les constellations déjà établies : c'est sans doute là l'origine des constellations du *Dragon*, de l'*Hydre*,

du *Serpent*, etc. Malgré cela, il resta encore un assez grand nombre d'étoiles qui ne furent point classées, et dont les astronomes modernes ont fait de nouvelles constellations. Mais comme celles-ci sont en général peu remarquables, nous nous bornerons à faire connaître les constellations des anciens.

On a donné ci-dessus les noms des cinquante constellations établies par les anciens astronomes; et l'on a observé à ce sujet, qu'il ne fallait chercher aucun rapport entre le nom qui a été donné à une constellation, et l'arrangement ou la figure qu'affectent les étoiles dont elle est composée : il y en a à peine trois ou quatre où l'on puisse trouver un rapport de cette espèce. Généralement les premiers astronomes ayant à nommer les différents groupes qu'ils avaient distingués dans le ciel, leur donnèrent le nom de quelque personnage célèbre, ou de quelque animal : comme, *Orion*, *Hercule*, *Persée*, héros des siècles fabuleux de la Grece; le *Cigne*, le *Dauphin*, l'*Aigle*, animaux remarquables, et qui jouent aussi un rôle dans les histoires merveilleuses de ces temps anciens. Les noms des constellations du Zodiaque furent choisis, à ce qu'il paraît, par des motifs particuliers; et l'on a exposé plus haut ce qu'il y a de plus probable à ce sujet. Ces noms et ceux de quelques autres constellations sont, suivant l'opinion commune, d'origine égyptienne,

ou même, selon M. Bailli, ils sont d'une antiquité plus reculée encore. Les autres paraissent dus aux Grecs qui ont voulu consacrer par-là leurs héros et leurs fables.

Les constellations ayant été nommées, on imagina décrite dans le ciel la figure du personnage, de l'animal, ou de la chose dont la constellation portait le nom; et cette figure fut tracée de manière à renfermer toutes les étoiles qui appartenaient à cette constellation. Lorsqu'on voulut donc représenter la sphère céleste sur un plan ou sur un globe, on eut soin de dessiner réellement les figures que l'on avait imaginées; et il fut bientôt convenu de placer les mêmes étoiles dans les mêmes parties du dessin. Par ce moyen il fut facile de s'entendre; et une étoile était suffisamment désignée, quand on disait qu'elle était, par exemple, au pied gauche d'Orion, ou à la corne septentrionale du Taureau. Les modernes, dans la description du ciel, suivent exactement la marche des anciens. On voit les mêmes figures tracées sur nos planisphères et nos globes célestes; et les mêmes étoiles y sont marquées à la même place. Ce sera donc-là un des moyens dont je me servirai pour les désigner. J'indiquerai la position générale de la figure appartenant à une constellation; et je marquerai celle de l'étoile au moyen de la partie du dessin où elle se trouve placée.

Les étoiles nous paraissant plus ou moins grandes,

plus ou moins brillantes, on les a, comme il a été dit, distribuées en plusieurs classes, d'après leur éclat et leur grandeur apparente. Les étoiles de la première grandeur, sont celles qui ont le plus d'éclat: on n'en compte guère que quinze à seize: celles-ci nous offriront dans le ciel des points remarquables, dont nous ferons usage pour connaître plus aisément toutes les parties de la sphère étoilée. Les étoiles de la deuxième grandeur viennent ensuite: elles sont moins brillantes que celles-là; mais elles ont encore un éclat très-remarquables; et les constellations qui en possèdent plusieurs sont des plus magnifiques. Leur nombre s'élève à environ cinquante: celles-ci nous serviront aussi beaucoup pour notre objet. Les étoiles de la troisième grandeur sont d'un ordre encore inférieur; cependant on les remarque facilement dans le ciel, sur-tout lorsqu'elles n'ont autour d'elles que des étoiles plus petites. Leur nombre est beaucoup plus considérable: on en compte près de deux cents. Il y a encore des étoiles de la 4e, de la 5e, de la 6e, et même de la septième grandeur. Cette division des étoiles en différents ordres est uniquement fondée sur l'apparence, et ne suppose point une inégalité semblable dans leur grandeur réelle. La différence de lumière paraît due uniquement à la différence de l'éloignement. Cette division des étoiles en plusieurs ordres de grandeur, nous sera fort utile. Il faut seulement prendre garde de ne

pas confondre avec elles les planètes qui changent, comme on sait, de place dans le ciel, et qu'on peut reconnaître aisément au défaut de scintillation.

Nous ne pouvons voir à la fois qu'une moitié du ciel : ainsi pour connaître toutes les constellations visibles dans nos climats, il faut observer en différents temps de l'année. Je choisis donc pour cela trois époques différentes, et je décris l'état du ciel dans ces trois circonstances. Par ce moyen les premières connaissances acquises se lient mieux avec les connaissances à acquérir ; et il doit résulter du tout un ensemble qui se grave mieux dans la mémoire. D'ailleurs il est bon d'observer de temps à autre les mêmes constellations : car il en est plusieurs qui prennent à nos yeux des formes un peu différentes, suivant leur position dans le ciel ; et l'on serait exposé à méconnaître vers le couchant, par exemple, telle constellation que l'on aurait fort bien reconnue du côté du levant. Toutes les étoiles paraissent tourner autour du pole en 24 heures ; et les cercles qu'elles décrivent sont d'autant plus petits, leur mouvement paraît d'autant plus lent, qu'elles sont plus près de ce point immobile. Il en est plusieurs qui, ne se couchant point, sont vues, tantôt au dessus, tantôt au dessous du pole : celles-ci doivent donc, dans ces deux circonstances, se présenter dans une position renversée. D'autres étoiles se couchent pour

un temps fort court : le lieu de leur lever et celui de leur coucher se trouvent placés fort près du nord ; et lorsqu'elles sont ainsi pour quelque temps au dessous de l'horison, la constellation dont elles font partie, paraît tronquée et incomplette. Il est donc nécessaire de se faire d'abord une idée juste de ce mouvement des étoiles, et d'observer leur marche uniforme et silencieuse. Il faut que l'œil s'accoutume à ce déplacement successif et continuel, pour qu'il ne soit point étonné de ne plus retrouver certaines étoiles au même lieu où il les avait observées d'abord. Les unes se seront couchées, et auront passé au dessous de l'horison : les autres seront encore visibles, et se trouveront dans quelqu'autre partie du ciel. La connaissance du mouvement diurne des étoiles apprendra toujours facilement en quel endroit il faut chercher celles-ci, et dans quelle portion de l'hémisphère invisible celles-là sont placées.

Une connaissance également importante, et qui doit précéder toute étude du ciel, c'est celle des points de l'horison, que l'on appelle les *points cardinaux*. Il faut que celui qui veut observer les étoiles, sache avant tout, *s'orienter*. Les quatre points cardinaux sont faciles à trouver pendant le jour : le moyen en a été indiqué ci-dessus : il suffira de s'en souvenir pendant la nuit, et de pouvoir alors en déterminer à peu près la position. D'ailleurs l'étoile polaire indique assez exactement

le nord : une ligne menée par le zénith et par cette étoile, va rencontrer l'horison d'un côté au point du nord, et de l'autre à celui du sud : l'est et l'ouest sont justement placés au milieu entre ces deux points sur la circonférence de l'horison. Le moyen de trouver l'étoile polaire est indiqué à la note (*q*).

L'observateur étant orienté, et placé dans un lieu bien découvert, je lui fais tracer dans le ciel deux demi-cercles, passant l'un et l'autre par son zénith, et se terminant, le premier au nord et au sud, et le second, aux points de l'est et de l'ouest : celui-là est donc le *méridien*, et celui-ci est ce qu'on appelle le *premier vertical*. L'hémisphère céleste est ainsi partagé en quatre portions égales, ayant la forme d'autant de triangles, dont la réunion compose cette demi-sphère : le zénith est un point commun à ces quatre triangles. Si l'observateur est tourné vers le sud, il aura devant lui deux portions du ciel, l'une à sa droite, comprise entre le sud, l'ouest et le zénith ; et l'autre à sa gauche, entre le zénith, l'est et le sud. En se tournant du côté du nord, il verra les deux autres portions renfermées de la même manière ; la première, entre l'est, le zénith et le nord ; et la dernière, entre le nord, le zénith et l'ouest : celle-là à sa droite, et celle-ci à sa gauche. Cette division idéale de l'hémisphère visible étant faite avec quelque soin, et les quatre sections du

ciel bien distinctes et bien reconnues, on peut alors commencer à étudier et à chercher les différentes constellations. J'observerai auparavant ici, que pour reconnaître sûrement les étoiles que l'on aura déjà étudiées, il faut bien se garder de les rapporter à des objets terrestres, comme de remarquer qu'elles se trouvent au dessus de telle maison ou de tel clocher : car on courrait risque de ne plus les reconnaître, si l'on venait à changer le lieu de ses observations. C'est donc au zénith, à l'horison, qu'il faut les comparer, ou bien les unes aux autres, quand on veut les connaître sûrement, et ne point s'y méprendre.

Les trois époques que j'ai choisies pour l'étude du ciel, sont : 1° la fin de mars, ou le commencement du mois de germinal ; 2° la fin de juin, ou la première décade de messidor ; 3° la fin de septembre ; ou les premiers jours de vendémiaire. Rien n'empêche dans ces trois circonstances, que l'on ne puisse rester le soir à l'air, et observer les étoiles pendant quelque temps. Le moment que je prends pour l'observation est celui où le crépuscule du soir étant fini, les étoiles brillent de toute leur lumière, et par conséquent se voient aussi bien qu'il est possible. A la vérité, la lune peut contrarier les observations, et obliger de les avancer ou de les retarder de quelques jours : mais cela ne peut jamais faire une grande différence. Quoique la position des étoiles ne soit

marquée ici que pour trois époques différentes, séparées l'une de l'autre par un intervalle de trois mois, il sera facile de suivre leur progrès pendant ce temps ; et de remarquer que celles qui sont dans la partie occidentale s'approchent tous les jours plus de l'horison ; tandis que celles qui sont dans la partie orientale, s'en éloignent tous les jours davantage. L'on pourra même reconnaître en hiver les constellations que l'on aura étudiées, soit au printemps, soit en automne, lesquelles se trouveront seulement placées d'une autre manière dans le ciel. Celles que l'on aura vues du côté du levant en automne, seront vers le couchant en hiver ; et celles qui, au printemps, étaient du côté du couchant, paraîtront en hiver du côté du levant.

Voici maintenant quel est l'état du ciel à la première des trois époques indiquées ci-dessus, c'est-à-dire, au commencement du printemps, le soir, après le coucher du soleil, et la fin totale du crépuscule. Si donc dans cette saison, et environ vers les huit heures, on se place dans un endroit découvert, et la face tournée entre le sud et l'ouest, on remarquera dans cette première section du ciel, comprise entre le zénith et ces deux points cardinaux, les constellations suivantes.

1° *Le grand Chien.* Cette constellatiou est indiquée suffisamment par une étoile de la première grandeur, beaucoup plus belle que toutes les

autres étoiles de la même classe. On lui a donné le nom de *Sirius.* Elle est alors à peu près à 20 degrés au dessus de l'horison, et elle a déjà passé par le méridien depuis une heure environ. Ces deux indications, et sa supériorité sur les autres étoiles, doivent la faire reconnaître dès le premier coup-d'œil. Sirius est placé à la gueule du grand chien. Il y a au dessous, et plus près de l'horison, en tirant vers le sud, trois étoiles de la deuxième grandeur qui appartiennent à la même constellation, et qui sont placées à la cuisse et aux pattes postérieures de l'animal : une autre étoile de la même grandeur dévance Syrius du côté du couchant, et se trouve dans la patte antérieure du grand chien.

2°. *Le Lievre.* C'est une petite constellation, n'ayant aucune étoile bien remarquable, et placée à l'occident de Sirius : on y voit seulement trois étoiles ds la 3e grandeur, placées près les unes des autres.

3°. *Orion.* C'est ici la plus belle constellation du ciel, celle qui frappe le plus les yeux par le nombre et la beauté des étoiles dont elle est composée. Orion est un chasseur, dont la tête est tournée vers le haut du ciel, dont le bras droit est armé d'une massue, et qui porte dans sa main gauche, en guise de bouclier, la dépouille de quelque animal. Orion est placé au dessus du lièvre. Il est remarquable par quatre étoiles fort

brillantes, et assez écartées, formant une espèce de carré, et renfermant entre elles beaucoup d'autres étoiles, trois entr'autres également brillantes, fort rapprochées, placées sur une même ligne, et vulgairement appelées le *rateau*, ou les *trois rois*. Toutes ces étoiles sont au moins de la seconde grandeur. L'une d'elles, plus belle que les autres, est de la première grandeur. On lui a donné le nom de *Rigel* : elle est placée au pied gauche ou occidental d'Orion, et fait un des angles du quarré. Les trois autres du même quarré sont, l'une au genou droit, c'est la moins brillante, et les deux autres, aux deux épaules : celle qui est à l'épaule droite, à l'opposite de Rigel, est aussi placée parmi les étoiles de la première grandeur. Les trois rois forment la ceinture ou le baudrier d'Orion. Au dessous sont quelques étoiles moins belles qui appartiennent à son épée ; et parmi celles-ci se trouve la nébuleuse d'Orion, qu'on ne peut voir qu'à l'aide d'une lunette. C'est, comme on a dit, une espèce de nuage lumineux où l'on découvre quelques petites étoiles. Entre l'épaule gauche d'Orion et une étoile de la première grandeur qui est plus élevée, et dont on parlera tout-à-l'heure, est une suite de petites étoiles qui forment le bouclier d'Orion.

4° *Le fleuve Eridan*. Cette constellation est composée d'un assez grand nombre d'étoiles, la plupart peu remarquables, qui descendent en

serpentant du pied gauche d'Orion, ou de Rigel ; jusqu'à l'horison ; elle s'étend même beaucoup au dessous, et se termine par une étoile de la première grandeur, que nous ne voyons jamais dans nos climats.

5°. *Le Taureau.* Le Taureau qui est une des constellations du Zodiaque, est placé au dessus, et au nord-ouest d'Orion. Sa tête est tournée vers celle de ce chasseur qui semble prêt à le frapper. On ne voit que la partie antérieure du Taureau : le reste est comme caché par un nuage. A l'œil du Taureau est une étoile de la première grandeur, qu'on appelle *Aldebaran.* Cette étoile et plusieurs autres qui sont auprès, forment par leur arrangement une espèce de *V*, dont la pointe est tournée alors vers l'horison. Aldebaran est à l'extrêmité méridionale du *V.* Ce groupe d'étoiles, placé sur la face du Taureau, portait chez les anciens le nom des *Hyades.* Un peu au dessus, et au couchant, est un autre grouppe placé sur l'épaule du Taureau, et formé par six ou sept étoiles très-rapprochées, et qui semblent se confondre à la vue : le peuple les appelle la *Poussinière* : leur nom scientifique est les *Pléiades.* A l'orient des hyades, sont les deux cornes du Taureau qui s'avancent vers le méridien. La corne septentrionale est marquée par une étoile de la seconde grandeur, placée à son extrêmité, et par conséquent un peu éloignée ; et la corne méridionale

en porte pareillement une de la troisième grandeur.

6° *Les Gémeaux*, autre constellation du Zodiaque. Celle-ci se voit alors entre le méridien et les cornes du Taureau. On peut la reconnaître aisément au moyen de deux belles étoiles de la deuxième grandeur, assez voisines l'une de l'autre, et se trouvant alors fort près du zénith. On les appelle *Castor* et *Pollux* : elles indiquent les têtes des Gémeaux : leurs pieds sont marqués par deux étoiles moins brillantes, mais placées de même, et presque parallèlement aux deux autres. Au dessus sont encore deux autres étoiles semblables, disposées de la même manière, et placées aux genoux. Les pieds des Gémeaux sont plus près du Taureau, et se trouvent sur les bords de la voie lactée. En unissant par des lignes les têtes et les pieds des Gémeaux, on a un parallélogramme fort allongé.

7° *Le petit Chien.* Entre le méridien, les Gémeaux, Orion et le grand Chien, est un vaste espace où l'on remarque une étoile de la première grandeur, que les anciens ont appelée *Procyon.* C'est la principale étoile de la constellation du petit Chien, qui n'a que très-peu d'étendue. De sorte qu'il y a dans cette partie beaucoup d'étoiles négligées par les anciens, et dont les modernes ont fait la constellation de la *Licorne.*

8° *La Baleine.* On ne voit à cette première époque qu'une partie de cette constellation, qui est presque entièrement couchée. Seulement on peut appercevoir au dessus du Taureau, et tout près de l'horison, une étoile de la deuxième grandeur, et qui est à la gueule de la Baleine.

Telles sont les constellations qui, au commencement du printemps, et à huit heures du soir environ, occupent la partie du ciel comprise entre le zénith, le sud et l'ouest. Elles sont, comme on voit, en petit nombre, et facilement reconnaissables. Quatre d'entre elles se font remarquer par des étoiles de la première grandeur; le grand Chien, le petit Chien, Orion et le Taureau. Ces deux dernières se distinguent encore par deux grouppes bien connus: les trois rois, et les pleïades. La position des Gémeaux tout près du méridien et du zénith, les fait aussi facilement reconnaître. Il n'y a donc que le Lièvre et l'Eridan qui n'offrent rien de remarquable; mais dont la situation a été assez bien indiquée, pour qu'on puisse les trouver sans peine. Quant à la baleine, la plus grande partie en est alors cachée au dessous de l'horison. Je pense donc qu'une première soirée suffira pour connaître assez bien ces sept ou huit constellations: l'on peut se borner là pour une première fois; et renvoyer aux jours suivants l'étude des autres parties du ciel. Mais à mesure qu'on les parcourra

successivement,

successivement, il ne faut jamais manquer de revoir, et comme repasser celles qu'on a déjà étudiées; afin de mieux comparer et de mieux lier entre elles les connaissances que l'on acquerra journellement.

Cette première portion du ciel étant connue, on passera à la seconde section; c'est à-dire, à celle qui est comprise entre le zénith, le nord et l'ouest. L'observateur doit encore avoir soin de se placer vis-à-vis du point de l'horison, qui est entre ces deux-là; et dans cette position il pourra voir les constellations qui suivent.

1°. *Le Bélier*, première constellation du Zodiaque. Celle-ci est placée au couchant, et un peu au nord du Taureau. Elle se fait remarquer par deux étoiles de la 3e grandeur, assez voisines, allant ensemble, et qui se trouvent alors fort près de l'horison. Il n'y a aux environs aucune étoile de la même grandeur que l'on puisse confondre avec elles.

2° *Le Triangle boréal.* Il est placé au nord du Bélier, et composé de quelques étoiles de la quatrième grandeur, qui représentent en effet un petit triangle.

3°. *Andromède.* Au nord du triangle boréal, sont trois étoiles assez distantes, à peu près également espacées, et sur une même ligne alors perpendiculaire à l'horison. C'est la constellation d'Andromède, dont la tête marquée par une

étoile de la deuxième grandeur, et placée sur le même alignement que les trois autres, est déjà cachée sous l'horison. De ces trois étoiles, la moins élevée est de la 3e grandeur, et se trouve à l'épaule d'Andromède : les deux autres qui sont de la deuxième, sont, l'une à sa ceinture, et l'autre à son pied.

4°. *Cassiopée.* Entre le pied d'Andromède et le pole, dans la voie lactée, est un assemblage d'étoiles brillantes, formant une manière d'*y*, dont l'ouverture est tournée en bas : c'est la constellation de Cassiopée, princesse qui a une couronne sur la tête, et qui est assise dans un fauteuil. Les étoiles les plus remarqaules de cette constellation, sont de la 3e grandeur.

5° *Céphée.* Cette constellation peu riche en belles étoiles, est alors au dessous du pole, entre Cassiopée et le méridien. On y remarque deux ou trois étoiles de la 3e grandeur. Céphée est le nom d'un prince : on le représente la couronne sur la tête, et le sceptre dans la main.

6° *Persée.* Au dessus de Cassiopée, et en remontant le long de la voie lactée, on rencontre la constellation de Persée. Celle-ci se distingue par plusieurs étoiles de la 2e et 3e grandeur, placées à peu près sur une même ligne qui traverse obliquement la voie lactée. La première de ces étoiles, ou la plus septentrionale, est à l'épaule droite de Persée : la seconde, qui est la

plus brillante, est à sa ceinture : la troisième est au genou gauche ; et la quatrième, au pied du même côté. Le pied droit de Persée s'avance vers le haut du ciel, et ne contient que de petites étoiles. Le héros porte un cimetère dans sa main droite, et de la main gauche il tient la tête de Méduse, qui est indiquée par une étoile dont la lumière est soumise à des variations périodiques, et qui passe de la 2e grandeur à la 3e. Cette étoile est hors de la voie lactée, et au dessous, du côté du couchant. Elle porte un nom arabe, et s'appelle quelquefois *Algol*.

7° *Le Cocher*. A partir de la constellation de Persée, et en suivant toujours la voie lactée, on trouve la constellation du Cocher. Celle-ci se distingue aisément au moyen d'une très-belle étoile de la première grandeur, à laquelle on a donné le nom de *Capella*, ou la *Chèvre*. En effet, le Cocher est représenté portant une chèvre sur son dos. Au dessous de la Chèvre, sont deux petites étoiles très-voisines l'une de l'autre, qu'on appelle les *Chevreaux*. La constellation du Cocher renferme encore deux étoiles de la deuxième grandeur, l'une à son pied, qui est la même que celle de la corne septentrionale du Taureau, et l'autre à son épaule droite. Celle-ci est à l'orient de la Chèvre, et presque sur le même parallèle.

Cette seconde section du ciel n'est point aussi riche que la précédente en constellations brillantes

et remarquables. On n'y trouve qu'une seule étoile de la première grandeur, la Chèvre qui, pour le dire en passant, traverse le méridien précisément au dessus de notre tète. A peine y compte-t-on cinq ou six étoiles de la deuxième classe : toutes les autres sont d'un rang inférieur. Cependant l'on peut y distinguer aisément, et au moyen des indications ci-dessus, les constellations de Persée, Cassiopée et du Cocher, qui sont dans la voie lactée ; de même que celles d'Andromède et du Bélier, qui ont été assez bien désignées. Entre ces deux-ci est un des *Poissons*, couché à peu près dans le plan de l'horison, et n'ayant aucune étoile remarquable. Les Gémeaux, le Cocher, Persée et Cassiopée laissent entre eux et le méridien une étendue considérable, qui n'offre que de très-petites étoiles ; et où, pour cette raison sans doute, les anciens n'avaient placé aucune constellation. Les modernes y ont établi celle de la *Girafe*, et quelques autres.

Passons à la 3e section du ciel, c'est-à-dire, à celle qui s'étend entre le zénith, l'est et le nord. L'observateur ayant encore tourné de gauche à droite, et étant placé entre ces deux points, aura devant et au dessus de lui

1° *La grande Ourse.* La tête et les pieds antérieurs de la grande Ourse arrivent alors au méridien. Il n'y a dans la tête que de petites étoiles : on en remarque dans les pieds deux qui sont

assez brillantes. Mais plus loin du méridien, et sur le dos de l'animal, sont quatre belles étoiles, formant par leur disposition une espèce de quarré. Elles sont suivies de trois autres également belles, placées sur la queue de l'Ourse, suivant une ligne légèrement courbée, et qui dans ce moment semble indiquer le point de l'orient. Cet assemblage de sept étoiles de la 2e et 3e grandeur, est assez généralement connu, et porte chez le peuple le nom de *chariot*. Les quatre étoiles du quarré semblent en être la caisse, et les trois autres le timon. Ces sept étoiles ont donné à la partie du ciel où elles sont placées, le nom de *septentrion*, *septem triones*, les sept étoiles.

2° *La petite Ourse*. Au nord de la grande Ourse, et en descendant vers l'horison, est un autre assemblage d'étoiles, semblable au précédent, mais dans une position bien différente : le quarré est du côté du levant, et la queue dirigée vers le couchant. L'étendue de cette constellation, qui s'appelle la petite Ourse, est moins considérable, et les étoiles en sont moins belles que celles de la grande Ourse ; à l'exception d'une étoile de la 2e grandeur, placée à l'extrêmité de la queue, et fort près du pole, et qui s'appelle pour cette raison l'*étoile polaire*, et d'une autre étoile de la 3e qui est la première du quarré : les autres sont peu remarquables, et la plupart

ne s'apperçoivent bien que dans un ciel parfaitement serein. Celle au reste qu'il importe le plus de distinguer ici, est l'étoile polaire. Elle est toujours à peu près sous le méridien, et à une hauteur de 45 degrés environ pour Lyon.

5° *Le Dragon.* Au dessous de la petite Ourse, et fort près de l'horison, on apperçoit quelques étoiles, dont deux de la 3° grandeur, qui présentent par leur arrangement la figure d'un *V*, dont la pointe est tournée du côté de l'est : c'est la tête du Dragon. Son corps, en se pliant, s'approche d'abord du méridien, où il embrasse plusieurs belles étoiles, et remonte ensuite vers la petite Ourse. C'est dans ce nœud du Dragon qu'est placé le pole boréal de l'écliptique. Le reste de son corps se recourbe en s'élevant vers le haut du ciel, et vient passer entre les deux Ourses. Les belles étoiles qui se trouvent dans cet endroit appartiennent donc à la constellation du Dragon, qui, comme on voit, enveloppe en grande partie la petite Ourse. L'on pourrait encore reconnaître cette constellation en commençant par la queue, c'est-à-dire, par les étoiles de 3° grandeur placées entre les deux Ourses, descendant ensuite vers l'horison, passant au dessous de la petite Ourse, s'avançant vers le méridien jusques sous l'étoile polaire, et revenant enfin parallèlement à l'horison, pour s'arrêter à la figure *V*, qui est la tête du Dragon. D'assez belles étoiles répandues

sur cette route, la font distinguer aisément.

4° *Hercule.* Au sud de la tête du Dragon, sont plusieurs étoiles appartenant à la constellation d'Hercule, dont une grande partie est encore cachée sous l'horison.

5° *La Couronne boréale.* On a donné ce nom à un grouppe d'étoiles disposées en arc de cercle, parmi lesquelles il s'en trouve une de la 2e grandeur. Cette constellation se voit alors auprès de l'horison, entre l'est et le nord, mais plus près du premier de ces deux points : c'est une des moins étendues.

6° *Le Bouvier.* A peu près au dessus du point de l'orient, et à une hauteur de dix à douze degrés, paraît alors une étoile de la première grandeur, à laquelle on a donné le nom d'*Arcturus* : elle est comme indiquée par le crochet que forme la queue de la grande Ourse. Cette étoile appartient à la constellation du Bouvier : elle est placée dans le bas de ses vêtemens. Au midi d'Arcturus, au dessus et au dessous, sont deux étoiles de la 5e grandeur, qui indiquent les deux jambes du Bouvier. Il y en a trois autres semblables au nord d'Arcturus : la première est dans la ceinture du Bouvier, la seconde à son épaule, et la troisième dans sa tête.

7° *La Chevelure de Bérénice.* C'est un amas de petites étoiles qui se trouvent alors à 45 degrés environ d'élévation, sur une ligne menée du zénith au véritable point de l'est.

Entre la grande Ourse, le Bouvier et la Chevelure de Bérénice, est encore un espace assez grand, où les anciens n'ont placé aucune constellation : le défaut de belles étoiles en est sans doute la cause. Ce qu'il y a de plus remarquable dans cette troisième section du ciel, c'est sans contredit la constellation de la grande Ourse, qui est connue de tout le monde, et dans tous les pays : cette constellation a été remarquée et désignée même par les peuplades sauvages du nord de l'Amérique. Mais ce qu'il importe le plus de connaître, c'est l'étoile polaire : c'est elle qui sert de guide aux navigateurs : c'est elle qui nous fait connaître la position du pole, de ce point autour duquel paraît se faire le mouvement commun de la sphère céleste. C'est au moyen de l'étoile polaire que nous pouvons dans la nuit reconnaître le méridien, et par conséquent nous orienter. Il faut donc s'attacher à trouver cette étoile sûrement et avec promptitude. Un bon moyen pour cela, est de mener dans le ciel une ligne par les deux premières étoiles du quarré de la grande Ourse, c'est-à-dire, celles qui dévancent les deux autres et qui sont les plus éloignées de la queue. Cette ligne, prolongée vers le pole, ira rencontrer l'étoile polaire, dont la hauteur est toujours d'ailleurs à peu près connue. Elle est ici à Lyon de 45 degrés environ, à Marseille de 43, et à Paris de 49. L'élévation du pole dont elle est toujours fort près,

est par-tout, comme on sait, égale à la latitude.

Reste la quatrième section du ciel, ou celle comprise entre le zénith, l'est et le sud. En se plaçant pour celle-ci de la même manière que pour les autres, on observera

1° *Le Cancer* ou *Ecrevisse*, quatrième constellation du Zodiaque. Celle-ci est alors dans le méridien, presque au dessus de notre tête, à l'orient des Gémeaux. Elle occupe peu d'espace dans le ciel, et ne renferme que de petites étoiles peu visibles. On y trouve une *nébuleuse*, qu'on ne voit bien qu'avec le secours d'une lunette.

2° *Le Lion*, cinquième constellation du Zodiaque. En descendant de l'Ecrevisse vers l'horison, du côté de l'orient, on trouve une belle constellation qui occupe un espace d'environ 45 degrés dans ce sens-là. On remarque sur cette étendue, d'abord une étoile de la première grandeur, qu'on a nommé *Régulus* ou le *Cœur du Lion*. Au nord de celle-ci se voient trois étoiles de la 3e grandeur, formant une courbe convexe du côté de l'orient : elles sont toutes trois dans la crinière du Lion: une quatrième étoile du même ordre, et plus avancée vers le méridien, est dans sa tête. Au levant de Regulus, et à quelque distance, on trouve encore trois belles étoiles, semblables aux précédentes, et formant de même une ligne courbe, mais dont la concavité regarde l'orient : celles-ci sont sur la cuisse et la croupe du Lion. Enfin une

fort belle étoile de la 2e grandeur, et que quelques-uns ont placée parmi celles de la première, termine cette constellation, et se trouve à la queue du Lion. Celle-ci est donc la plus orientale de toutes, et la moins élevée dans le moment de l'observation : elle est alors à une quarantaine de degrés au dessus de l'horison,

3° *La Vierge*. Cette sixième constellation du Zodiaque s'étend depuis le Lion jusqu'à l'horison : elle n'est pas même encore entièrement levée. Elle se fait remarquer par une étoile fort brillante, et de la première grandeur, qui commence alors à paraître au bord du ciel du côté du levant. Cette étoile a reçu le nom de *spica* ou *épi*. Elle est en effet placée dans l'épi que la Vierge tient de la main gauche, dans une situation renversée. Au dessus de l'épi, et sur une ligne tirée du sud au nord, sont trois étoiles de la 3e grandeur, placées dans la ceinture et l'épaule droite de la Vierge; la plus septentrionale des trois s'appelle quelquefois la *vendangeuse*. La constellation de la Vierge qui s'étend aussi beaucoup dans le ciel n'a guère d'autres étoiles remarquables.

4° *Le Corbeau*. C'est une petite constellation composée de quatre étoiles principales, formant comme un quarré, que l'on trouve tout près de l'horison, en allant de l'épi de la Vierge vers le sud. Le Corbeau est posé sur l'Hydre.

5° *La Coupe*. Autre petite constellation, pla-

cée au dessus du Corbeau, et formée d'un grouppe de petites étoiles de la 4e grandeur. Ces étoiles sont disposées en arc, dont la convexité regarde le sud. La patte de la Coupe est aussi posée sur l'Hydre.

5°. *L'Hydre.* A partir du méridien, et au dessous de l'Ecrevisse, la constellation dont il est ici question s'étend jusqu'à l'horison parallèlement à peu près au Lion et à la Vierge. Là elle se relève, forme un arc au dessous du Corbeau, et se plonge enfin sous l'horison. Dans ce trajet, elle n'embrasse d'autre étoile remarquable qu'une étoile de la 2e grandeur, qui s'appelle le *Cœur de l'Hydre*, et qui est la seule de cette classe dans cette région du ciel. L'Hydre forme dans cette partie une bande qui a peu de largeur, et elle laisse au dessus d'elle, et au dessous du Lion, un grand espace vide.

7° *Le Navire Argo.* Toutes les étoiles qui sont alors autour du méridien, et près de l'horison, appartiennent à la constellation du Navire, dont on ne peut voir qu'une partie dans nos climats. Il y a dans le navire une étoile de la première grandeur, qui ne paraît jamais sur notre horison : toutes celles qui sont visibles pour nous, sont trois ou quatre étoiles de la 3e grandeur qui ont déjà à cette heure passé le méridien, et qui sont placées à l'orient de la queue et du dos du grand Chien dans la voie lactée.

Nous voilà revenus au point d'où nous étions partis, après avoir fait tout le tour du ciel, et avoir observé et étudié toutes les constellations qui sont visibles pour nous, au moment choisi, et à l'époque convenue. Cette circonstance est peut-être celle où le ciel est le plus beau. Dans aucun autre temps de l'année il ne présente un aussi grand nombre de belles constellations, et sur-tout autant d'étoiles de la première grandeur. Nous en avons vu une dans le grand Chien, deux dans Orion, une dans le Taureau, une dans le petit Chien, une autre dans le Cocher: une des étoiles des Gémeaux est de la même classe, selon plusieurs astronomes. Il y a encore une étoile de la première grandeur dans le Bouvier, une dans le Lion, et une autre enfin dans la Vierge: ce qui fait en tout dans cette moitié du ciel, dix étoiles très-remarquables, sept dans la partie occidentale, et trois dans la partie orientale. Ces étoiles peuvent toujours servir de termes de comparaison et de points fixes pour se reconnaître dans les régions célestes: on a vu quel est l'usage que nous en avons fait. Il convient que celui qui étudie le ciel, s'exerce à les reconnaître facilement, à les distinguer les unes des autres; qu'il suive leur marche dans l'espace; qu'il observe la hauteur où elles parviennent, les points de l'horison où elles se lèvent et se couchent; parce qu'elles lui serviront dans

tous les temps à retrouver les différentes constellations qu'il aura une fois étudiées et connues.

Nous n'avons encore fourni qu'une partie de notre carrière. Des 48 constellations établies par les anciens, nous n'en avons observé jusqu'ici que 28 : il nous en reste donc encore 20 à étudier. Il est vrai qu'une de celles-ci, *l'Autel*, nous est toujours cachée, et que deux autres, le *Loup* et le *Centaure*, ne se montrent jamais en entier sur notre horison ; de façon que notre travail ultérieur se réduit à l'étude de 16 à 17 constellations, qui vont passer successivement sous nos yeux dans la suite de nos observations. En attendant la seconde époque, on doit avoir soin de revoir de temps en temps les constellations que l'on connaît déjà ; d'observer leur progrès vers le couchant, et de remarquer les changemens qu'il amène dans la disposition relative des étoiles dont elles sont composées. A la fin du mois de juin, commencement de messidor, on fera un second cours d'observations, en suivant le même ordre que dans le premier, et divisant le ciel de la même manière. C'est l'intervalle entre neuf heures et dix heures du soir que je choisis pour cet objet. Voici donc quelle est l'état du ciel dans ce temps-là. On trouve dans la première section, entre le sud, l'ouest et le zénith

1º *Le Loup.* Quelques petites étoiles placées

alors sous le méridien, et fort près de l'horison, appartiennent à la tête du Loup : le reste de l'animal est caché pour nous.

2° *Le Centaure.* En suivant l'horison du côté de l'ouest, on trouve encore quelques étoiles peu brillantes qui sont à la tète du Centaure : c'est la moindre partie de cette constellation, dont le reste demeure toujours au dessous de notre horison.

3° *Le Corbeau et la Coupe.* On les retrouve auprès de l'horison, en allant toujours dans le même sens. Le Corbeau est reconnaissable au quarré formé par ses quatre étoiles principales. La queue de l'Hydre s'élève ici jusqu'au dessus de la tête du Centaure.

4°. *La Vierge.* Au dessus du Corbeau est la constellation de la Vierge, occupant un grand espace parallèlement à l'horison : elle est facilement reconnaissable à l'étoile de première grandeur, appelée l'épi. Les autres étoiles que nous avons remarquées dans cette constellation, sont plus élevées que celle-ci.

5°. *Le Bouvier.* En allant de l'épi de la Vierge vers le zénith, on rencontre une étoile de la première grandeur : c'est Arcturus. Les autres étoiles observées dans le Bouvier, sont deux de la 3e grandeur, placées au dessous de celle-ci, l'une à droite et l'autre à gauche ; et trois autres de la même classe, placées au dessus, et en s'approchant du zénith.

6° *La Couronne boréale.* A l'orient du Bouvier, sous le méridien, et près du zénith, se trouve alors la Couronne boréale, que l'on peut reconnaître à la disposition en arc des étoiles qui la composent, parmi lesquelles nous en avons remarqué une de la deuxième grandeur.

7° *La Balance.* Au dessous de la Couronne, le long du méridien, sont plusieurs étoiles brillantes appartenant au Serpent, dont il sera bientôt question. Mais en suivant toujours le méridien, on trouve à la hauteur à peu près de l'épi de la Vierge, trois étoiles également distantes, et formant un triangle, dont les côtés sont égaux. Deux de ces étoiles ont déjà passé le méridien, et sont dans une ligne presque perpendiculaire à l'horison : on les met parmi celles de la 2e grandeur. Elles indiquent les deux bassins de la Balance, que l'on distingue en bassin septentrional, et bassin méridional. La troisième étoile du triangle est un peu moins brillante que celles-là, et se trouve alors à peu près sous le méridien, vis-à-vis le milieu de l'intervalle qui sépare les deux autres : elle est dans la chasse du fléau. La Balance est la 7e constellation du Zodiaque.

8° *La Chevelure de Bérénice.* Si l'on descend directement du zénith au véritable point de l'occident, on trouve à moitié chemin le groupe d'étoiles de la quatrième et cinquième grandeur, auquel on a donné le nom de Chevelure, et

que nous avons déjà reconnu dans une autre position.

9° *Le Lion.* Au dessous de la Chevelure, en descendant vers l'horison, on rencontre la croupe et la queue du Lion. Régulus qui est plus bas, a déjà passé le premier vertical; de façon que ce cercle divise en deux parties à peu près égales la constellation du Lion. Je pense qu'on ne l'aura point perdue de vue, depuis les premières observations; et que l'on saura reconnaître les différentes étoiles que j'y ait fait remarquer.

Dans la seconde section du ciel, outre Régulus, et toute la partie antérieure du Lion, on a, en allant le long de l'horison, de l'ouest vers le nord, 1° l'Ecrevisse, qui se couche dans ce moment, et qui, comme on a dit, n'offre rien de remarquable: 2° Les Gémeaux, dont on n'apperçoit plus que les deux têtes, marquées par deux brillantes étoiles, Castor et Pollux: 3° le Cocher, dont l'étoile appelée la chèvre, brille encore du côté du nord, au bord de l'horison. Au dessus de ces constellations, s'étend celle de la grande Ourse, dont la queue est alors dirigée vers le sud. Quatre étoiles de la queue du Dragon sont placées entre la grande Ourse et le méridien, sur une même ligne dirigée vers ce cercle. Mais tous ces objets nous étaient déjà connus: nous en trouverons quelques-uns de nouveaux dans la section suivante.

La

La portion du ciel comprise entre le zénith, l'est et le nord, outre la constellation de Persée, placée alors sous le pole, et cachée en partie par l'horison, celle d'Andromède qui est à sa suite du còté du levant, et dont on ne voit encore que quelques étoiles, et celle enfin de Pégase, qui commence alors à paraître plus près du véritable point de l'orient; cette portion du ciel, dis-je, nous offre les constellations suivantes.

1° *Cassiopée.* Celle-ci est placée du côté du nord, à peu de hauteur au dessus de l'horison, et se reconnaît à des étoiles assez brillantes, disposées en forme d'*y* grec, ou plutôt en ligne brisée : elle est dans la voie lactée.

2° *Céphée.* Cette constellation est placée, dans cette saison, au dessus de Cassiopée, dans une ligne tirée du pole au point du nord-est. Elle se connoit à trois étoiles de la troisième grandeur, disposées à peu près sur cette ligne.

3° *La petite Ourse.* Elle est alors au haut du ciel, entre le pole et le zénith. Les deux belles étoiles du quarré sont au dessus de l'étoile polaire.

4° *Le Dragon.* Entre la petite Ourse et le zénith, sont quelques étoiles assez belles, disposées en arc : elles appartiennent à la constellation du Dragon, dont la queue est au-delà du méridien du côté de l'occident. Le Dragon

forme dans cet endroit une espèce de voûte au dessus de la petite Ourse. Il se courbe du côté de l'est, et se replie ensuite en remontant vers le méridien. Les belles étoiles qu'on trouve dans cette partie, indiquent ces divers replis. La pointe du *V*, formé par les cinq étoiles de la tête, est alors à peu près dirigée vers le méridien, dont elle n'est pas fort éloignée.

5° *La Lyre.* En descendant du zénith vers l'orient, le long du premier vertical, on trouve d'abord quelques étoiles appartenant à la constellation d'Hercule, dont il sera parlé tout-à-l'heure; et ensuite l'on rencontre une fort belle étoile qui s'appelle la Lyre, et qui a un peu au dessous d'elle deux étoiles de la 3e grandeur, fort voisines l'une de l'autre, et qui appartiennent à la même constellation. Celle-ci porte le nom de *Vautour*; mais on la désigne plus souvent par le nom de sa principale étoile, la Lyre. Elle a peu d'étendue, et se borne à ce qu'on vient d'en dire.

6° *Le Cygne.* Au dessous de la Lyre est une belle constellation, qui s'étend le long de la voie lactée, en tirant du premier vertical vers le nord: c'est le Cygne. Sa tête, marquée par une étoile de 3e grandeur, est justement au dessous de la Lyre. Quelques étoiles plus petites sont le long de son col. Une autre étoile de 3e classe est sur son dos; et dans sa queue on en remarque une de 2e grandeur, que l'on appelle souvent la

luisante du Cygne. L'Oiseau a ses aîles déploiées : l'une, qui est au dessus, ne contient que des étoiles peu brillantes ; l'autre, qui est au dessous, renferme deux étoiles de 3e grandeur. Il résulte du tout, l'apparence d'une croix, dont la branche la plus longue est alors parallèle à l'horison, et la plus courte lui est perpendiculaire.

7° *Le Dauphin.* C'est une petite constellation placée le long du premier vertical, au dessous de la tête du Cygne. Elle est formée de cinq étoiles principales de 3e grandeur, dont quatre forment un grouppe qui a la figure d'un petit lozange : c'est la tête du Dauphin ; et la cinquième qui en fait la queue est au sud, et fort près des quatre autres.

8° *Le petit Cheval.* Cette constellation consiste en quelques petites étoiles placées entre le Dauphin et l'horison, ou plutôt entre le Dauphin et Pégase, qui à cette heure-là n'est point encore levé.

Il nous reste à voir la quatrième division du ciel, où tout doit être nouveau pour nous. Voici donc ce que l'on y remarque à l'époque déterminée.

1° *Le Serpent.* Si l'on commence par le point qui est au dessus de notre tête, et qu'on descende du côté du sud, le long du méridien, on trouvera au dessous de la Couronne boréale, une suite

d'étoiles assez brillantes, placées dans le sens de ce cercle, et s'étendant jusqu'auprès de la Balance. Ces étoiles font partie de la constellation du Serpent, dont la tête est tournée vers la Couronne boréale. A la hauteur de la Balance, le Serpent fait un coude, et se dirige d'abord entre l'est et le sud : il laisse dans ce trajet quelques étoiles qui appartiennent à une autre constellation. Il se relève ensuite, et se prolonge dans la voie lactée, saisissant sur sa route deux ou trois étoiles de 3e grandeur. En totalité, le Serpent forme une espèce de demi-cercle, dont le diamètre se trouve entre la tête et la queue. La distance de l'une à l'autre est d'environ 45 degrés. L'extrêmité de la queue est dans cette position à 30 degrés à peu près de l'horison.

2° *Le Serpentaire*, autrement appelé *Ophiucus*. Entre la tête et la queue du Serpent, à peu près au milieu de l'intervalle qui les sépare, est une autre constellation qui s'étend du nord au sud, tout au travers de la constellation du Serpent : c'est le serpentaire ou Ophiucus. On désigne par-là un homme qui tient le Serpent avec ses deux mains : on le représente nud, tournant le dos, et presque assis sur ce Serpent, qui passe derrière lui, et sépare ainsi la partie supérieure de l'homme, de sa partie inférieure. Dans la main gauche du Serpentaire sont deux étoiles assez belles : plus bas, deux étoiles semblables

sont dans ses jarrets. Ces quatre étoiles se trouvent dans une même ligne dirigée au sud-est. Au dessus du Serpent sont d'autres étoiles appartenant à la partie supérieure d'Ophiucus : Une entr'autres de la 2e grandeur, placée justement à la tête du Serpentaire, et qui sert ainsi à la faire connaître.

3° *Hercule.* Cette grande constellation s'étend le long du méridien, et sur une largeur considérable, depuis la tête d'Ophiucus jusqu'un peu au-delà du zénith, ou plutôt du premier vertical. La tête d'Hercule est tout auprès de celle du Serpentaire : elle est indiquée comme celle-ci, par une étoile assez belle, et de la 3e grandeur. Hercule tourne le dos à la tête du Serpent, et à la couronne boréale. Il a le genou droit ployé et le pied de ce côté s'avance sous le zénith, jusqu'à la tête du Bouvier. Son bras droit ou occidental, est armé d'une massue : il touche à la tête du Serpent, et se fait remarquer par deux étoiles de troisième grandeur, placées dans l'épaule, et voisines alors du méridien. Une étoile semblable est placée dans l'épaule gauche ou orientale. Au dessus et du côté du nord, on trouve deux étoiles pareilles, situées sur une ligne perpendiculaire au méridien : elles marquent la ceinture d'Hercule. En s'élevant encore, deux autres étoiles de même classe, mais beaucoup plus écartées, sont l'une dans la cuisse droite, et l'autre dans le genou

gauche. Enfin le pied du même côté, qui est presque appuyé sur la tête du Dragon, porte aussi une étoile de la même grandeur. La main et le genou gauches s'approchent beaucoup de la Lyre; mais il n'y a dans la main que des étoiles de 4e grandeur.

4°. *Le Scorpion.* Cette huitième constellation du Zodiaque est placée au dessous du Serpentaire, près du méridien. On y remarque d'abord une étoile de première grandeur, qui est dans ce moment environ à 15 degrés de l'horison, et qu'on appelle *Antarès*, ou le Cœur du Scorpion. Au dessus, et plus près du méridien, sont trois étoiles dont une au moins de 2e grandeur, fort rapprochées et placées sur une même ligne: elles se trouvent vers la tête du Scorpion qui étend ses pattes et ses pinces au dessus et au dessous. Plus bas qu'Antarès, des étoiles de 3e classe indiquent les anneaux de la queue du Scorpion, qui descend jusqu'à l'horison, et se recourbe en arc du côté du levant.

5° *Le Sagittaire.* Précisément au milieu de l'intervalle qui sépare le sud de l'est, commence à paraître alors la constellation du Sagittaire, neuvième constellation du Zodiaque. Quelques étoiles assez brillantes, que l'on apperçoit tout près de l'horison, dans cette partie du ciel, en indiquent suffisamment la position. On en fera la description plus bas.

6° *L'Aigle, Antinoüs et la Flèche.* En se rapprochant du levant, on trouve entre le Dauphin et la queue du Serpent, les trois constellations que l'on vient de nommer. D'abord on observe dans cette partie du ciel une fort belle étoile, que quelques-uns placent parmi celles de la première grandeur. On lui a donné plus particulièrement le nom *d'Aigle.* Une étoile de 3e classe, qui est au nord de celle-là, et quelques autres étoiles moins remarquables, placées à peu de distance, appartiennent à cette constellation. En descendant de l'Aigle vers le sud-est, et tout auprès, se trouve Antinoüs, indiqué par six étoiles de 3e grandeur, disposées comme il suit : d'abord trois sur une même ligne à peu près perpendiculaire à l'horison ; une ensuite toute seule, et enfin deux rangées comme les premières. Celles-ci sont aux deux bras, et à la poitrine d'Antinoüs, qui est lui-même sous les serres de l'Aigle : la 4e est dans son côté ; les deux dernières sont à ses pieds. Enfin au nord de l'Aigle, sont deux ou trois étoiles de 4e grandeur, qui composent à elles seules la petite constellation de la Flèche.

Tel est l'état du ciel au commencement de l'été, deuxième époque convenue, lorsqu'on l'observe entre 9 heures et 10 heures du soir. Dans cette seconde suite d'observations, j'ai eu soin de donner une description suffisamment détaillée de toutes les constellations nouvelles. Quant à celles qui

avaient été déjà décrites, je me suis contenté d'indiquer leur position dans cette saison, et de rappeler en peu de mots ce qu'elles offrent de plus remarquable. Les amateurs qui le pourront, feront bien de s'assujettir à l'ordre que j'ai suivi jusqu'ici. Cependant si l'on voulait commencer l'étude du ciel dans toute autre saison, et spécialement à la seconde ou à la troisième époque, on le pourrait faire encore avec quelque succès, en ayant soin de consulter les descriptions plus détaillées, qui se trouvent placées parmi les observations précédentes, On sent que je n'ai pas dû décrire avec la même étendue, des choses que j'avais déjà fait connaître; et qu'un auteur ne saurait se permettre des répétitions toujours fastidieuses. Je suivrai donc la même méthode dans ce qui me reste à dire sur l'état du ciel à la troisième et dernière époque. A la fin de septembre, ou au commencement de l'automne, à huit heures du soir environ, on peut observer les constellations suivantes.

Dans la première section, 1° le *Sagittaire*, neuvième constellation du Zodiaque, placée alors auprès du méridien et de l'horison, indiquée par sept ou huit étoiles de deuxième et troisième grandeur, qui sont dans la tête, les épaules, l'arc et la flèche du Sagittaire. 2° La *Couronne australe*, petite constellation, formée de petites étoiles, placées sous le pied antérieur du Sagittaire, et

alors dans l'horison, par conséquent peu visible. 3° Antinoüs, au dessus du Sagittaire, le long du méridien. 4° L'Aigle, au dessus d'Antinoüs, remarquable par une étoile très-brillante. 5° La tête du Cygne, par-delà l'Aigle vers le zénith. Cette constellation est alors au milieu du ciel, et divisée en quatre parties par les deux cercles que nous avons imaginés, le méridien et le premier vertical. 6° La belle étoile de la Lyre, que l'on trouve d'abord en descendant du zénith vers le véritable occident. 7° Hercule, dont la moitié supérieure, la ceinture, les épaules, la tête, se trouvent dans cette division. 8° Le Serpent, dont la tête est aussi sur la même ligne, qui s'étend ensuite vers le sud parallèlement à l'horison, et se relève enfin pour remonter le long de la voie lactée, jusqu'à la hauteur d'Antinoüs. 9° Le Serpentaire, placé entre la tête et la queue du Serpent, et divisant cette constellation en deux parties à peu près égales. Le Scorpion se couche dans ce moment au dessous du Serpentaire; et la Balance se couche aussi en un point de l'horison plus près de l'occident.

On verra dans la deuxième section, en partant du point de l'Ouest, et remontant vers le zénith, 1° Le Bouvier, dont la superbe étoile, Arcturus, n'est plus qu'à une dixaine de degrés de l'horison, et dont la tête est tournée vers le méridien. 2° La Couronne boréale, entre la tête du

Serpent et celle du Bouvier. 3° Hercule, dont les pieds appartiennent à cette seconde division. 4° Le Cygne, ou plutôt son aile droite. 5° En allant du zénith au nord, le Dragon dont la tête est tournée au couchant, qui s'avance sous le méridien, se replie ensuite vers l'occident, forme un arc au dessus de la petite Ourse, et va se terminer en se dirigeant au nord, fort près de ce méridien. 6° La petite Ourse, renfermée sous un des replis du Dragon, et dont le quarré est alors tourné du côté de l'occident. 7° La grande Ourse, placée au dessous de la queue du Dragon, occupant toute cette partie septentrionale du ciel; et dont les trois dernières étoiles indiquent le couchant. 8° La Chevelure de Bérénice, qui se couche alors entre la grande Ourse et le Bouvier.

La 3e Section renferme, 1° Le Cocher. La belle étoile de la Chèvre se fait remarquer alors à sept ou huit degrés au dessus de l'horison, au quart à peu près de l'intervalle entre le nord et l'orient. 2° Persée, qui répond perpendiculairement au milieu de ce même intervalle, et dont la main gauche soutient la tête de Méduse du côté du sud. 3° Cassiopée, placée plus haut, et dont l'*y* grec s'ouvre vers le zénith. 4° Céphée, au dessus de l'étoile polaire, et tout près du méridien. 5° Le Cygne, dont la luisante est alors au zénith. 6° Andromède. On trouve la belle étoile de la tête d'Andromède, en descendant le long du

premier vertical, et à 40 degrés de hauteur environ au dessus de l'horison. Les trois étoiles de 2e grandeur de l'épaule, de la ceinture et du pied d'Andromède, sont alors sur une ligne presque parallèle à ce cercle, et qui se termine près de Persée, au dessus de la tête de Méduse. Andromède a les bras étendus, l'un vers le méridien, l'autre vers l'horison. Au dessous de celui-ci est un des *Poissons*, qui ne possède aucune étoile remarquable. Il est attaché par un ruban qui descend jusqu'à l'horison, en suivant quelques étoiles de 4e grandeur, et qui se termine par une étoile de la troisième, placée sur la tête de la *Baleine*. Cette étoile, qu'on appelle le *nœud* des Poissons, est encore dans ce moment très-peu élevée au dessus de l'horison. Au nord est le Bélier, qui est plus avancé, et dont les deux étoiles paraissent cheminer ensemble ; et les Pléiades que l'on apperçoit à peine au bord du ciel, et qui commencent à se lever. Entre le Bélier et Andromède est le petit *triangle*.

Enfin l'observateur remarquera dans la quatrième et dernière section, en partant du zénith, et descendant le long du méridien jusqu'à l'horison, 1° l'aile gauche du Cygne vers le zénith ; 2° le Dauphin, groupe remarquable, composé de cinq belles étoiles ; 3° le *Capricorne*, dixième constellation du Zodiaque. Celle-ci est indiquée par deux étoiles de 3e grandeur, placées à 30 degrés environ de hau-

teur, au dessous du méridien, et parallèlement à ce cercle, et par deux autres étoiles semblables, situées à l'orient des premières, et perpendiculairement à celles-ci. Les unes sont à la tête, et les autres à la queue du Capricorne.

4° *Le Verseau*, onzième constellation du Zodiaque. Celle-ci est à l'orient de la précédente, s'élève plus haut, et descend plus bas. Deux étoiles de 3e classe, un peu écartées entre elles, et placées sur une ligne dirigée de l'est à l'ouest, indiquent les deux épaules du Verseau, qui sont plus élevées que le Capricorne : dans sa jambe droite est une étoile semblable, qui est au contraire plus près de l'horison. De la cruche du Verseau, qui est tournée du côté de l'est, sort un courant qui descend en serpentant, entraîne pour ainsi dire toutes les étoiles de cette région, et va se terminer à une étoile de la première grandeur, que les uns appellent *Fomahan*, et les autres *Fomalhaut*.

5° *Le Poisson austral.* Cette constellation est au dessous du Verseau et du Capricorne. *Fomalhaut* est à la gueule du Poisson, qui reçoit l'eau de la cruche du Verseau. Le reste de cette constellation est formé de quelques étoiles peu remarquables, placées parallèlement à l'horison, en approchant du méridien. Une étoile de 3e grandeur est à la queue du Poisson.

6° *La Baleine.* C'est une grande constellation qui commence alors seulement à se lever, et qui

s'étend depuis le sud-est, jusqu'au dessous du Bélier. Toutes les étoiles qui sont au bord de l'horison dans cette partie du ciel, appartiennent à cette constellation. Quatre étoiles assez brillantes, situées vers l'orient d'hiver, sont à la queue, ou partie postérieure de la Baleine. On a remarqué le nœud des Poissons, qui est placé sur sa tête: Le reste est encore caché sous l'horison.

7° *Pégase, ou le Cheval ailé.* Entre le Cygne, le Dauphin, le Verseau et Andromède, est la constellation de Pégase. Elle peut se reconnaître aisément, au moyen de quatre étoiles à peu près également brillantes, qui forment par leur arrangement un fort grand quarré. La plus septentrionale de ces quatre étoiles appartient à la tête d'Andromède: la plus voisine du méridien est à la jambe droite de Pégase: la plus méridionale est à la naissance de l'aile; et celle qui est la moins élevée sur l'horison, indique l'extrêmité de la même aile. La tête de Pégase regarde le Dauphin: une étoile de 3e grandeur est à son col, et une autre à sa bouche. Entre la tête de Pégase et le Dauphin, sont quelques petites étoiles, formant la constellation du petit Cheval. Les pieds antérieurs de Pégase sont entre le quarré et la constellation du Cygne.

8° *Les Poissons*, dernière constellation du Zodiaque. On a vu que l'un de ces Poissons est placé au nord, et sous le bras d'Andromède:

l'autre est au midi, et sous l'aile de Pégase. Celui-ci n'a rien non plus de remarquable ; et le ruban auquel il est attaché, descend aussi vers l'horison, jusqu'au nœud placé sur la tête de la Baleine.

Voilà enfin terminé le cours de nos observations. J'ai décrit l'état du ciel étoilé dans les trois époques que j'avais choisies. J'ai montré à mon lecteur toutes les constellations établies par les anciens, et qui sont visibles pour nous : je lui ai enseigné le moyen de les connaître et de les trouver. Je pense qu'il aura pu de lui-même, et avec le seul secours de ce livre, arriver à cette connaissance. Je pourrai donc me borner-là. Mais pour ne lui rien laisser desirer à cet égard, j'ajouterai ici une description abrégée du ciel à une quatrième époque, qui sera la fin de décembre, au commencement de l'hiver. Cette saison n'est certainement pas propre à une étude de ce genre : mais il y a encore alors quelques belles nuits. Il arrive même assez souvent que le ciel est plus beau la nuit que le jour. Je parle ici du climat de Lyon ; et je sais qu'il y a bien des pays où le ciel n'est guère moins serein en hyver qu'en été. On est donc souvent dans le cas de voir les étoiles dans cette saison ; et l'on peut desirer de connaître celles qui paraissent alors dans le ciel. D'ailleurs, comme le froid à cette époque ne permet guère de demeurer à l'air, et qu'on ne peut jeter sur le ciel qu'un

coup-d'œil, pour ainsi dire, passager, il faut que l'amateur puisse les reconnaître du premier abord, et sans être obligé de les comparer les unes avec les autres. C'est pour lui épargner cette peine que je vais placer ici une description sommaire du ciel, en me contentant d'indiquer les principales constellations, et en allant, comme j'ai fait jusqu'ici, du midi au nord par le couchant, et ensuite du nord au midi par le levant.

Au commencement de nivose, vers les six heures du soir, l'état du ciel est tel qu'il suit. Entre le midi et l'ouest, et fort près du premier de ces points, une étoile de la première grandeur : c'est *Fomalhaut*, ou la gueule du Poisson austral; à droite, le Capricorne ; au dessus, le Verseau ; plus haut, Pégase et son quarré ; au dessous de Pégase, le Dauphin ; plus bas, l'étoile brillante de l'Aigle, et Antinoüs ; au dessus de l'Aigle, le Cygne, dont la croix est tournée vers l'horison ; au dessous du Cygne, la Lyre, étoile de la première grandeur, et Hercule, dont une partie est déjà couchée. Entre Hercule et l'étoile polaire, se trouvent le Dragon, la petite Ourse, et Céphée, qui est presque au dessus du pole. Au dessous du même point, est la grande Ourse. Au nord-est, les Gémeaux sont déjà levés. Au dessus des Gémeaux, brille l'étoile de la Chèvre ; Persée est plus haut, et Cassiopée est arrivée au méridien. Andromède est au dessus de notre tête.

Au dessous d'Andromède, du côté du levant, se trouve la tête de Méduse; les Pléïades et Aldébaran sont plus bas : la magnifique constellation d'Orion est au dessous, et tout près de l'horison. Sirius n'est point encore levé à cette heure-là : mais il paraîtra bientôt vers l'orient d'hiver. L'Eridan serpente au midi d'Orion : La Baleine enfin occupe toute la partie méridionale ; et elle a au dessus d'elle les Poissons et le Bélier. Tel est l'état du ciel à la fin de décembre.

J'ai exposé la méthode que j'ai cru devoir proposer aux personnes qui desirent de connaître le ciel. Je pense que celles qui voudront en faire usage, auront lieu d'en être satisfaites ; et qu'elles me sauront quelque gré de la précision et de l'exactitude que j'ai tâché de mettre dans mes descriptions.

FIN.

NOTES.

Pag. 3. (*a*) Les *lunettes*, les *télescopes*, sont des instrumens au moyen desquels les objets éloignés que nous voyons mal, ou même que nous ne voyons pas dutout, à raison de leur éloignement, sont apperçus distinctement, et comme s'ils étaient plus près de nous. Les lunettes ne contiennent que des verres combinés entr'eux de différentes manières. Dans les télescopes, les verres sont combinés avec des miroirs : mais l'effet de ces deux sortes d'instrumens, qui portent souvent le même nom de télescopes, est toujours de réunir un plus grand nombre de rayons lumineux, et de les faire entrer dans l'œil, comme s'ils venaient de plus près. L'invention des télescopes est du commencement du dix-septième siècle : ainsi il n'y a pas deux cents ans qu'est trouvé cet admirable moyen d'étendre la vue de l'homme bien au-delà des limites que la nature semblait lui avoir prescrites. Les télescopes nous ont fait connaître une foule de vérités astronomiques totalement ignorées des anciens.

Pag. 5. (*b*) Observons qu'il ne s'agit point ici d'un déplacement de quelques lieues seulement, autour du lieu que l'on habite. Non : pour qu'il y ait dans les étoiles un changement sensible, il faut changer sur la terre d'une quantité plus considérable. Si l'on se transporte, par exemple, de Lyon à Paris, ou à Marseille, l'on pourra aisément reconnaître la vérité de ce qui est dit ici sur l'abaissement des étoiles dans une partie du ciel, et leur élévation dans l'autre.

Pag. 7. (*c*) Il est question ici d'un objet placé à la surface de l'eau. Quand il s'élève au dessus, on l'apperçoit de plus loin à mesure que cette élévation est plus grande. Ainsi l'on découvre en mer le sommet du pic

de Teneriffe à plus de 40 lieues ; et la cîme du Mont-Blanc, toujours couverte de neiges, s'apperçoit sur terre à une distance de 50 à 60 lieues. Lorsqu'on est placé sur le bord de la mer, il semble que l'eau s'élève à quelque distance pour s'unir au ciel : mais ce n'est-là qu'une illusion qui a également lieu sur terre, et qu'on explique facilement par les lois de l'optique.

Pag. 13. (*d*) Les rayons du soleil, en tombant sur la terre, sont réfléchis par tous les corps qui sont à sa surface. La plupart s'éteignent dans l'atmosphère terrestre, ou vont se perdre dans l'espace après l'avoir traversée. Les rayons bleus sont à peu près les seuls que cette atmosphère renvoie vers nos yeux. Plus l'air est pur, moins ces rayons sont mêlangés : si l'air se trouve chargé de vapeurs, sa couleur est alors d'un bleu pâle et blancheâtre. Son azur est plus vif et plus foncé, lorsqu'il est bien dépouillé, comme cela arrive après une forte pluie. M. de Saussure a observé sur le sommet des hautes Alpes, que le bleu du ciel y est ordinairement sombre et presque noir ; et il n'est pas douteux qu'à une hauteur plus grande, ce que nous appellons le ciel, ne parût entièrement noir, et sans couleur ni lumière, comme l'entrée d'une caverne, ou l'ouverture d'un puits.

Pag. 14. (*e*) Plus la profondeur d'un puits est considérable, moins est grande la portion du ciel qu'on peut appercevoir par son ouverture : ainsi à peine pourrait-on voir quelques étoiles par ce moyen. Cependant M. de Buffon pense que les anciens se sont quelquefois servis de puits ou de galeries creusées dans l'intérieur des montagnes, pour découvrir les objets à une plus grande distance.

Pag. 17. (*f*) J'ai remarqué que la *scintillation* est moins sensible dans les grandes chaleurs de l'été, et pendant une longue sécheresse. Les vapeurs aqueuses sont alors

mieux fondues, et plus parfaitement dissoutes dans l'air : l'atmosphère forme un fluide plus homogène, et qui trouble moins la marche des rayons lumineux. La scintillation est au contraire plus marquée dans les autres temps, et sur-tout après la pluie ; parce qu'il s'élève alors de la terre humide une plus grande quantité de vapeurs qui, avant d'être uniformément répandues dans l'air, font de notre atmosphère un fluide d'une densité très-inégale, et qui fait varier à chaque instant la direction de la lumière.

Pag. 21. (*g*) L'on entend par *irradiation* l'augmentation de grandeur apparente que l'on observe dans tous les objets lumineux ou fortement éclairés. L'on a mesuré, par des moyens géométriques, et d'une certaine distance, la boule dorée qui surmonte le dôme des Invalides à Paris ; d'abord le matin, lorsque sa moitié visible était toute resplendissante de lumière, ensuite le soir, lorsque le soleil étant placé justement derrière cette boule, par rapport à l'observateur, on ne la voyait plus que comme un objet noir et sans lumière ; et son diamètre dans ce dernier cas a été trouvé sensiblement plus petit que dans le premier. C'est au reste une chose connue de tout le monde, qu'un objet paraît plus gros lorsqu'il est peint en blanc, ou couvert d'une étoffe blanche, que lorsqu'il est d'une couleur sombre, ou enveloppé d'une étoffe noire. L'irradiation est attribuée à l'éparpillement de la lumière, et à la vivacité de l'impression qu'elle fait au fond de notre œil ; impression qui, s'étendant un peu tout autour de l'endroit sur lequel tombent les rayons lumineux, nous fait juger l'objet plus grand qu'il n'est réellement. Le télescope ne détruit pas totalement cet effet : mais il le diminue en réunissant plus exactement les rayons. Les étoiles paraissent donc plus petites dans une bonne lunette qu'à la vue simple, parce que l'irradiation de la lumière y est moins grande.

Mais ce qui nous fera mieux connaître l'extrême petitesse des étoiles, et par suite leur prodigieux éloignement, c'est l'observation suivante, que nous placerons ici, quoiqu'il y soit question d'un astre dont on n'a point encore parlé. La lune est placée à peu de distance de la terre ; et comme elle change continuellement de place dans le ciel, il arrive souvent qu'elle nous dérobe la vue de certaines étoiles. On a remarqué que les étoiles les plus brillantes, les plus grosses en apparence, lorsque la lune passe entre elles et nous, sont cachées par cet astre en moins d'une seconde de temps. Si ces étoiles avaient seulement une seconde de degré de diamètre, la lune ne pourrait les éclipser entièrement qu'au bout de deux secondes de temps. On les verrait donc diminuer de grandeur pendant tout ce temps-là : mais puisqu'elles disparaissent subitement dans moins d'une demi-seconde, c'est une preuve qu'elles n'ont pas un quart de seconde de diamètre ; et qu'elles sont par conséquent d'une petitesse extrême. Sans l'irradiation, les étoiles seraient vues comme des points étincelants, et qui n'auraient aucun diamètre appréciable. Cette observation prouve, non que les étoiles sont des corps de peu de volume, mais qu'elles sont à une distance de la terre absolument incalculable.

Pag. 21. (*g**) Cette nullité du pouvoir amplifiant des télescopes sur les étoiles, est une chose bien remarquable, et qui a dû étrangement surprendre les premiers astronomes qui ont fait usage de ces instrumens. Les telescopes nous montrent la lune, le soleil et les planètes beaucoup plus grands qu'à la vue simple : ils nous ont fait découvrir sur leurs surfaces des détails jusqu'alors inconnus : ils nous ont donné la connaissance de beaucoup d'astres, que l'œil de l'homme ne saurait appercevoir sans leurs secours ; et cependant ils laissent toujours les étoiles réduites à leur extrême petitesse, et

n'ayant point de grandeur que l'on puisse apprécier. Quelle doit donc être l'énormité de la distance où elles sont placées, et l'immensité du ciel ?

Pag. 24. (*h*) M. Herschel, célèbre astronome, a fait, dans ces derniers temps, un grand nombre d'observations sur la lumière des étoiles. Il en a remarqué plusieurs dont l'éclat parait avoir sensiblement diminué : il en est même qu'on ne retrouve plus. On en compte environ 144, qui ont disparu depuis un siècle à peu près. Ces astres se sont-ils éteints ? ou ont-ils changé de place dans le ciel, ou leur lumière s'est-elle affaiblie assez pour que nous ne puissions plus les voir ?

Pag. 25. (*i*) Le nombre des étoiles visibles à la vue simple est bien plus grand qu'on ne dit ici ; si, comme le pense M. Herschel, l'on peut, avec une bonne vue et un beau ciel, appercevoir les étoiles de la septième grandeur.

Pag. 27. (*k*) Le *télescope* de Herschel est la chose la plus admirable que l'on ait vue dans ce genre. On avait fait des *lunettes* de 100, de 120, et même de 150 pieds de longueur : mais l'on n'avait pu construire jusqu'à présent que des télescopes de sept à huit pieds au plus. Herschel, le premier, a fait un télescope de 20 pieds, qui grossit 460 fois. Il en a ensuite construit un autre de 40 pieds de longueur, et qui grossit, quand on veut, plusieurs milliers de fois. C'est-là l'instrument d'optique, le plus grand, le plus beau, le plus parfait qui ait jamais été exécuté. La pièce principale d'un télescope est un *miroir concave* de métal, placé au fond d'un tuyau, ouvert du côté de l'objet que l'on veut voir. Le miroir du télescope de Herschel a quatre pieds de diamètre, et trois pouces et demi d'épaisseur : il pèse près de deux milliers. Qu'on juge d'après cela de la peine que cet homme célèbre a dû avoir, et des inventions ingénieuses qu'il a fallu employer, pour donner à cette masse énorme la courbure et le poli convenables. Cet admirable instrument est de plus

monté avec tant d'art, que l'observateur le fait mouvoir avec la plus grande facilité, malgré l'énormité de son poids.

Pag. 27. (*l*) Les étoiles paraissent distribuées très-inégalement dans le ciel. Elles sont prodigieusement multipliées dans ce qu'on appelle la *voie lactée.* Herschel a vu 258,000 étoiles passer en 41 minutes de temps par le *champ* de son télescope, qui n'est pas d'un quart de degré: c'était sur les confins de la voie lactée. M. le Français n'en a pu appercevoir une seule dans une étendue de deux degrés sur la cuisse du Serpentaire. Cependant il n'est pas probable qu'aucune partie du ciel soit sans étoiles: et sans doute que des instrumens plus parfaits que ceux que nous avons, nous en feraient découvrir dans les parties mêmes qui nous en paraissent le plus dépourvues.

Quant à l'ordre qui règne parmi les corps célestes, il nous est impossible d'en juger, parce que l'œil de l'homme ne saurait embrasser leur ensemble, et que notre position d'ailleurs ne nous permet pas de le voir tel qu'il est. Le grand éloignement des objets qui nous environnent, nous fait croire qu'ils sont tous placés à la même distance. Nous nous croyons donc au centre d'une sphère, sur la surface de laquelle les astres sont distribués d'une manière inégale. Mais transportés toute autre part dans l'espace, la même apparence aurait encore lieu, et nous croirions de même être placés au centre de l'univers. Pascal a dit: le monde est une sphère immense, dont le centre est par-tout, et la circonférence nulle part.

Pag. 33. (*m*) Cette invariabilité dans la position respective des étoiles, leur a fait donner le nom d'*étoiles fixes*. Cependant on a observé dans plusieurs quelques petits changemens, qui ne peuvent venir que d'un mouvement propre, par lequel ces étoiles se déplacent

dans le ciel, mais lentement, et de manière que ce déplacement n'est sensible qu'après un grand nombre d'années.

Pag. 40. (*n*) On trouvera par la suite des preuves plus directes du mouvement de rotation de la terre. Au reste ce mouvement ne peut faire naître aucune nouvelle difficulté sur la manière dont les hommes demeurent appliqués contre la surface du globe. Ce que l'on a dit à la fin du chapitre précédent, suffit pour répondre à toutes les objections qu'on pourrait faire à ce sujet.

Pag. 43. (*o*) Soit *L*, (*fig.* 43e) la ville de Lyon, *H O* en sera l'horison, et *Z* le zénith. Si l'on conçoit que *P R* est le diamètre sur lequel la terre tourne, *P* et *R* seront les points immobiles, ou les poles du globe; et le point *L* en tournant, décrira un cercle dont *L N* est le diametre. Le zénith de Lyon, qui tourne en même temps, décrira aussi une circonférence de cercle sur la ligne *Z Y*; ou plutôt, comme nous nous supposons immobiles, Lyon verra tous les points de cette circonférence passer par son zénith dans l'espace de 24 heures. Mais le point *Q*, autour duquel tourne le zénith *Z*, paraîtra sans mouvement, comme le point *P* de la terre, auquel il répond. On voit que la ligne *C Z*, en tournant avec la terre, décrit un *cône*, ou une espèce d'entonnoir, parce que son extrémité inférieure *C* est fixe.

Pag. 47. (*p*) *Vertical*, *horisontal*, sont deux mots qui ont rapport l'un à l'autre. Un plan qui touche la surface de la terre, et s'étend indéfiniment dans tous les sens, est un plan horisontal: la surface d'une eau tranquille, et de peu d'étendue, est une surface horisontale. Une ligne, un plan parallèles à cette surface sont dans le même cas. On appelle plan vertical, celui qui est perpendiculaire au plan horisontal ou à la surface des eaux. Un corps est dans une position verticale, quand

il est bien d'à-plomb. Une pierre qu'on laisse tomber librement au travers de l'air, sans la pousser, tombe suivant une ligne verticale.

Pag. 61. (*q*) Si l'on veut trouver de soi-même l'*étoile polaire*, il faut se tourner vers le nord, et là regardant à une hauteur de 45 degrés environ, on appercevra une étoile brillante de la deuxième grandeur, qui paraîtra d'abord seule, parce qu'elle n'a autour d'elle que des étoiles d'un ordre très-inférieur. Cette étoile, qui est l'etoile polaire, est à l'extrêmité de la queue de la *petite Ourse*, constellation dont la figure est semblable à celle de la *grande Ourse*, vulgairement appelée le *chariot*. Au moyen de ces deux indications, l'on pourra facilement reconnaître l'étoile polaire.

Pag. 8). (*r*) Il y a des auteurs qui ont cru, que dans l'origine des choses, *l'ecliptique* était confondu avec l'*équateur*; et ils ont fondé leur opinion sur ce que les hommes étant parfaitement heureux dans le premier âge du monde, dans l'*âge d'or*, il ne devait point y avoir alors ces changemens de saisons, ces inégalités de température qui nous sont souvent si incommodes. A les en croire, un *printemps* perpétuel regnait alors sur toute la terre; ce qui ne pouvait avoir lieu, suivant eux, qu'autant que le soleil demeurait toute l'année dans l'équateur céleste. Quelques-uns on dit aussi, que la diminution reconnue dans l'inclinaison de l'écliptique sur l'équateur, devait enfin amener ces deux cercles l'un sur l'autre, et donner ainsi à la terre un printemps inaltérable. Mais je ne vois pas que dans cette supposition, la température pût être la même, et également douce sur toutes les parties de la terre. Il est évident que les pays voisins de l'équateur, recevant toujours d'à-plomb les rayons du soleil, seraient pendant toute l'année dévorés par des chaleurs brûlantes; et que les peuples situés dans le voisinage des poles, ne recevant

jamais que des rayons extrêmement obliques, se trouveraient encore enveloppés dans les frimats et les glaces de l'hiver. Cette égalité de température, ce printemps si desiré ne pourrait donc avoir lieu que pour les latitudes moyennes; et tout ce que produirait de général cette position constante du soleil dans l'équateur, ce serait de rendre les jours égaux aux nuits par toute la terre. Si l'on considère donc la totalité du globe, il n'y aurait pas grand chose à gagner dans cet accord de l'écliptique avec l'équateur; et l'on peut dire ici, comme dans beaucoup d'autres circonstances, que ce qui est fait vaut bien ce que nous voudrions faire.

Pag. 107. (*s*) Cette expression est inexacte : mais elle est consacrée par l'usage. Elle tient, comme il est aisé de voir, à l'idée que les anciens se fesaient du monde. Ils pensaient que les etoiles étaient toutes attachées fixément à une voûte sphérique et solide, qui tournait sur elle-même en 24 heures, et qui imprimait le même mouvement à toutes les autres parties de l'univers : de-là la dénomination de *premier mobile* donnée à la *sphere étoilée*.

Pag. 131. (*s**) La mesure de la terre est peut-être la plus belle opération qui soit due à l'astronomie. Depuis un siecle environ, plusieurs savants nationaux et étrangers s'étaient occupés avec succès à déterminer la forme et la grandeur de notre globe. Des degrés du méridien terrestre avaient été mesurés en différents pays : mais il n'avait été fait nulle part rien qui pût être comparé à ce qui a été exécuté en France dans ces derniers temps. La plus grande étendue qui eût été mesurée jusqu'à présent, c'était un arc de trois degrés mesuré dans le Pérou aux environs de l'équateur par des savants français. Aujourd'hui d'autres français viennent de terminer un travail bien plus étonnant, et tel qu'aucune nation ne pourra ni le surpasser ni l'égaler dans aucun

temps. MM. Delambre et Méchain, tous deux savants distingués, et astronomes célèbres, sont parvenus avec des peines et des fatigues infinies, à mesurer une étendue de neuf *degrés* et deux tiers, ou de 241 lieues environ, au travers de la France, et d'une partie de l'Espagne, depuis Dunkerque jusqu'à Barcelone. Les instrumens employés étaient de la plus grande perfection : les méthodes les plus rigoureuses ont été mises en usage : tout a été mesuré, observé, vérifié avec la plus scrupuleuse exactitude ; et il est résulté de tant de soins et de travaux, la détermination la plus précise qu'on obtiendra jamais de la grandeur de notre globe. Cet arc de neuf degrés et deux tiers, dont le milieu passe par la latitude de 46 degrés 12 minutes à peu près, ayant été trouvé de 551,584 toises et trois quarts, on en a conclu, en ayant égard à la courbure *elliptique* du globe, que le quart du méridien terrestre, ou la distance de l'équateur au pole, est de 5,130,740 toises : et par conséquent la circonférence de la terre contient 20,522,960 toises. Voilà donc notre terre mesurée avec toute l'exactitude où l'homme puisse atteindre ; et je ne crois pas qu'aucun siècle puisse jamais revenir sur une opération exécutée avec tant de soins, et par des hommes d'un si rare mérite.

Un autre résultat de ce superbe travail, c'est la confirmation de ce que l'on savait déjà, que les degrés du méridien deviennent plus courts en allant des poles vers l'équateur. Mais ce que l'on ignorait encore, c'est que cette diminution ne suit point une loi constante ; et qu'elle ne peut point être représentée par une courbe uniforme : ce qui indique des irrégularités dans la forme de notre globe.

Si l'on divise 551,584 toises par neuf et deux tiers, on a pour le degré moyen sur l'espace mesuré, 57,060 toises et demi. C'est là la valeur du degré du méridien à une latitude de 45 à 46 degrés.

Les travaux des astronomes français n'avaient pas simplement pour objet de déterminer la grandeur de la terre avec une précision, à laquelle certainement les siècles à venir ne trouveront rien à ajouter ; il devait encore résulter de cette détermination si exacte, un moyen de donner aux nouvelles mesures françaises une base absolument fixe et invariable. En effet, le *type* primitif de toutes nos anciennes mesures avait été choisi d'une manière arbitraire, et n'avait pu être rapporté qu'à quelque objet changeant oupérissable. Les premiers *étalons*, quoique conservés avec soin, avaient senti l'influence du temps, et éprouvé son action rongeante et destructrice. D'ailleurs l'inégalité et la variété des mesures usitées dans l'empire français, qui ne doit plus renfermer qu'un seul et même peuple, appellaient une réforme générale. Il nous fallait une unité fixe, immuable, sur laquelle pût être fondé le système général des mesures nouvelles; et notre globe, qui est le seul corps à l'abri des ravages du temps, pouvait seul nous la fournir. Le quart du méridien terrestre, ayant été trouvé de 5,130,740 toises, on a divisé ce nombre par 10,000,000, et l'on a eu un résultat, qui a été pris pour la nouvelle unité de mesure, et auquel on a donné le nom de *mètre*. Le mètre est donc la dix-millionnième partie du quart du méridien terrestre, ou la quarante-millionième partie de la circonférence de la terre. Il vaut 443 lignes et trois dixièmes. Toutes les autres mesures, à quelque usage qu'elles soient destinées, sont toutes basées sur celle-là. Le mètre original a été déposé aux archives nationales, et doit être conservé avec soin. Dans tous les cas, il sera facile de retrouver sa longueur au moyen du *pendule simple à secondes*, étalon secondaire, également invariable et donné par la nature. Des expériences multipliées, faites avec le plus grand soin par M. de Borda, ont donné pour la longueur de ce pendule à l'observatoire national 50,998

cent-millièmes de toise, ou 440 lignes et 62 centièmes : cette longueur est les 993,827 millioniémes du mètre. L'on pourra donc toujours retrouver le mètre au moyen du pendule. Il est vrai qu'aujourd'hui la *toise* de France se trouve déterminée avec tout autant de précision que le mètre, et qu'elle est tout aussi impérissable que lui. Mais si la nouvelle mesure ne paraît avoir à cet égard aucun avantage sur la mesure ancienne, sous d'autres points de vue, elle en réunit un assez grand nombre pour justifier la preférence qu'on lui a donnée sur celle-ci.

Quelqu'un avait proposé de diminuer un peu la toise, et de maniere que le degré contînt exactement 60,000 de ces toises : on y aurait trouvé l'avantage d'altérer très-peu les mesures usitées, et de donner mille toises de valeur à chaque minutes de degré ; ce qui aurait été utile aux géographes, et sur-tout aux navigateurs. Mais ce changement, proposé d'ailleurs trop tard, aurait contrarié les principes de simplicité et d'uniformité qui font le principal mérite du systême nouveau. Au reste, la longueur qui doit servir d'unité de mesure, est une chose fort indifférente par elle-même, pourvu que cette longueur soit bien déterminée, et absolument invariable.

Pag. 141. (*t*) La comparaison des dernières mesures, faites avec le plus grand soin, et par différentes méthodes, ne donne pour l'*applatissement* de la terre qu'un trois cent trente-quatrième. Ce résultat est parfaitement d'accord avec celui que l'on peut déduire de l'observation du *pendule simple*, en différents endroits de la terre. Il est pareillement conforme à celui que donne la *précession des équinoxes*. S'il s'éloigne de celui trouvé par Newton, c'est qu'il paraît que la terre n'est pas d'une densité uniforme, comme ce grand homme le supposait.

Pag. 171. (*u*) L'on pourrait demander ici, pourquoi nous comptons dans ce cas *une heure* pour *quinze degrés* ; tandis que nous avons compté dans une autre circonstance

$15^d\ 2^m\ 28^s$ pour l'heure : en voici la raison. La révolution journalière apparente du soleil, depuis un midi jusqu'au midi suivant, se divisant en 24 heures, le soleil dans cet espace de temps aura répondu successivement à tous les *méridiens* des différents peuples de la terre ; et comme cette révolution se fait d'une manière uniforme, si l'on conçoit douze *méridiens* divisant en douze parties égales la circonférence de l'équateur, et par conséquent éloignés entre eux de 15 degrés, le soleil employera évidemment une heure pour aller de l'un à l'autre. Il n'en sera pas de même d'une étoile : il lui faudra un peu moins d'une heure pour cela, puisqu'elle parait faire tout le tour du ciel en 23 heures 56 minutes. Le soleil, en allant d'un méridien à un autre par son mouvement apparent d'orient en occident, avance réellement d'une petite quantité en sens contraire par son mouvement propre ; de façon que s'il est parti d'un tel méridien en même temps qu'une certaine étoile, cette étoile arrivera au méridien suivant, avant qu'il y soit arrivé lui-même. Voilà pour quelle raison 15 degrés de différence dans la longitude terrestre répondent exactement à une heure de différence dans le temps.

Pag. 172. (v) Dans la fig. 9e, *H O* est l'horison, *H Z O* le méridien, *C E* l'équateur : *Z* est le zénith de l'observateur, et *Z E* la *latitude.* Si l'étoile observée est en *S*, de sa hauteur *S O* retranchez sa déclinaison *S E* ; il restera *E O*, dont le complément est *Z E*, ou la latitude. Supposons l'étoile en *R*; à sa hauteur *R O*, ajoutez la déclinaison, et vous aurez encore *E O*, et par suite *Z E*, Enfin que l'étoile soit en *A* : à sa hauteur *A H*, ajoutez sa déclinaison *A E* ; et retranchant *Z H*, ou 90 degrés, il vous restera encore la *latitude Z E* demandée.

Pag. 210. (x) On rend cette explication sensible par l'expérience suivante. Placez au fond d'une cuvette un corps quelconque plus pesant que l'eau, et éloignez-vous

ensuite peu à peu, jusqu'à ce que les bords du vaisseau, vous empêchent de voir ce corps. Alors si restant à la même place, vous faites verser de l'eau dans la cuvette, vous ne serez pas peu surpris d'appercevoir l'objet qui vous était auparavant caché; quoiqu'il n'ait été dérangé en aucune manière. Voici l'explication de ce fait. Dans le premier cas, le rayon de lumière qui pourrait venir en ligne droite de l'objet à votre œil, est arrêté par le bord du vase, et celui qui passait au dessus du bord, va aboutir en un point plus élevé que l'œil. Mais ce dernier rayon dans le second cas se *refracte* ou se plie en passant de l'eau dans l'air : il prend une direction qui l'abaisse et qui lui permet d'entrer dans l'œil de l'observateur. Le corps est donc apperçu au moyen de cette *réfraction* : mais il est vu en un point plus élevé que celui où il se trouve réellement.

Pag. 212 (*y*) Il est encore un phénomène assez frappant, que l'on attribue quelquefois à la *réfraction*, et auquel elle me parait n'avoir que la moindre part. Il n'est personne qui n'ait remarqué que le soleil et la lune nous paraissent sensiblement plus grands, lorsqu'ils sont aux bords de l'horison, que lorsqu'ils se trouvent à quelque hauteur, et sur-tout vers le milieu du ciel. Cette apparence est justement le contraire de la réalité. Lorsqu'un astre se lève ou se couche, il est alors plus éloigné de nous que lorsqu'il est plus élevé sur l'horison : au *zénith*, sa distance réelle est diminuée d'une quantité égale au rayon de la terre. Cette diminution n'est rien pour les étoiles : elle est peu de chose pour le soleil : mais quand il est question de la lune, dont l'éloignement est peu considérable, comme on verra par la suite, alors un rayon terrestre est une quantité très-appréciable; et la lune placée au zénith, est sensiblement plus près de nous que lorsqu'elle est à l'horison. Elle doit donc paraître plus grande dans le premier cas, et moins grande

dans le dernier. C'est effectivement ce que l'on trouve, lorsqu'on mesure le diamètre de la lune avec quelque instrument exact dans ces deux circonstances. On a même dressé des tables pour indiquer de combien le diamètre de la lune augmentait réellement, à mesure qu'elle s'élève au dessus de l'horison. L'augmentation de grandeur que l'on remarque dans la lune et le soleil, lorsqu'ils sont à l'horison, n'a donc aucune réalité, et ne doit être considérée que comme une illusion d'optique, dont il nous faut chercher la cause. Il y a eu à ce sujet plusieurs systêmes d'explication, que je n'examinerai point ici : je me contenterai d'exposer ce qui m'a paru le plus propre à rendre raison du phénomene en question.

J'observerai d'abord que l'ampliation de l'image du soleil et de la lune s'accorde avec plusieurs autres faits, qui reconnaissent sans doute la même cause. Ainsi les étoiles paraissent plus distantes entre elles près de l'horison, que vers le milieu du ciel : le soleil semble accélérer sa marche sur la fin du jour, lorsqu'il approche du terme de sa course diurne ; et les poëtes ont voulu exprimer cette augmentation apparente de vîtesse, lorsqu'ils ont feint qu'il se *précipitait dans l'Océan*. Le matin il semble aussi s'élancer dans le ciel, au moment qu'il se léve : mais sa marche se rallentit, à mesure qu'il approche du méridien ; et cependant la terre tourne, et le soleil avance d'une maniere égale et uniforme : les étoiles sont toujours à égale distance entre elles. Ce ne sont donc là encore que des apparences qui tiennent à la même cause, à la forme sous laquelle le ciel se présente à nos yeux.

Si nous regardons le ciel, ou plutôt la masse d'air qui est autour de nous, nous trouverons qu'elle a la forme d'une voûte très-surbaissée et applatie dans sa partie supérieure. Que l'on dispose une régle de maniére qu'elle fasse avec le plan horisontal un angle de 45 degrés, et

qui divise ainsi en deux parties égales l'espace compris entre le zénith et l'horison, et l'on remarquera que ces deux moitiés paraissent à la vue d'une étendue très-inégale : celle qui s'élève de l'horison jusqu'au 45e degré sera jugée par l'œil presque double de l'autre. De plus, le point qui est au dessus de notre tête nous semblera beaucoup plus près de nous que le bord du ciel. Ainsi au lieu d'un demi-cercle, dont tous les points seraient placés à une égale distance, nous voyons, ou nous croyons voir autour de nous une *demi-ellipse* très-allongée, et dont les points se rapprochent de nous de plus en plus, depuis l'horison jusqu'au zénith. Quant à la cause de cette apparence, je pense qu'on doit s'en tenir à celle qui a été donnée par Malebranche. Le point qui est au dessus de notre tête nous semble plus près de nous, parce que le défaut d'objets intermédiaires ne nous permet pas de juger de sa véritable distance. Ce qui est près de l'horison nous paraît plus éloigné, parce que nous voyons un grand nombre d'objets répandus entre les bords du ciel et nous. Voilà, je crois, la meilleure raison qu'on ait donnée de l'apparence dont il est ici question. Dans la fig. 44e, le demi-cercle *H Z O* est la véritable demi-révolution du soleil ou de la lune, telle qu'elle doit être d'après le mouvement diurne de la terre : la courbe *H B O* est cette même demi-révolution, telle qu'elle nous paraît, par la raison qu'on vient de dire.

Maintenant si du centre *C* où nous sommes placés, on mène des lignes *C A*, *C D*, *C E*, *C G*, *C L*, *C K*, formant entre elles des angles égaux, et embrassant par conséquent sur le demi-cercle des arcs pareillement égaux, il est facile de voir que les portions de la courbe *H B O*, que ces lignes embrasseront, iront en augmentant du zénith à l'horison ; et ainsi des portions égales du ciel nous paraîtront de plus en plus grandes à proportion qu'elles seront moins élevées. Or le soleil met autant de temps pour aller de *E* en *G*, que pour aller de *A* en *D* : mais dans le

le premier cas il nous paraît décrire la portion *e g* de la courbe *H B O*; et dans le second, il parcourt la partie *a d.* Donc il semblera aller d'abord plus vîte, et ensuite plus lentement, quoique sa vîtesse soit toujours la même. La marche du soleil ne nous paraît donc plus rapide vers l'horison, que parce que les espaces célestes y paraissent plus grands. Mais cette même raison doit donner à cet astre et à la lune une grandeur plus considérable, lorsqu'ils sont auprès de ce cercle : car 32 minutes de degré prises vers l'horison, doivent paraître y occuper plus d'espace que vers le milieu du ciel. Telle est, à ce que je crois, la cause qui agrandit l'image du soleil et de la lune à leur lever. Cependant les vapeurs de l'atmosphère peuvent avoir encore ici quelque influence, et rendre, comme il arrive quelquefois, ce phénomène plus sensible.

Pag 212. (y^*) Les anciens astronomes comptaient sept *planètes*; la Lune, Vénus, Mercure, le Soleil, Mars, Jupiter et Saturne. Ces astres étaient appelés des planètes, parce qu'ils changent continuellement de place dans le ciel par rapport aux étoiles fixes. La terre seule était supposée immobile, fixée invariablement à une même place, et voyant tout l'univers rouler sans relâche autour d'elle. L'ordre de ces planètes, comme on vient de les énoncer, était déterminé par leurs distances à la terre. Ce sont ces sept planètes qui ont donné leurs noms aux jours de la semaine : *lundi* était le jour de la lune; *mardi*, celui de Mars, etc.

Lorsque le véritable systême du monde eut été démontré par Copernic au 16e siècle; que l'on eut reconnu l'immobilité du soleil, et la marche des globes planétaires autour de ce centre commun; le nombre des planètes fut réduit à six, en y comprenant, comme de raison, le globe terrestre. Ces planètes furent donc, en suivant l'ordre de proximité au soleil, Mercure, Vénus, la Terre, Mars, Jupiter et Saturne. La lune se trouva une

planète du second ordre, et dépendante de la planète terrestre. Les astronomes modernes ne comptaient donc que six planètes, y compris la Terre : et notre système ne se composait que de six globes principaux faisant leurs révolutions autour du soleil.

Vers l'an 1780, Herschel apperçut un mouvement sensible dans une petite étoile, que quelques-uns avaient rangée parmi les étoiles fixes. Il la reconnut pour une planète placée fort au-delà de l'orbe de Saturne, et marchant aussi autour du même centre, et dans le même sens. Notre monde se trouva donc enrichi d'un nouveau globe, et nous comptâmes encore sept planètes. Il semblait que tout était découvert à cet égard, et que le nombre de nos planètes était fixé au nombre de sept : mais en 1801, le celebre Piazzi, astronome de Palerme, est venu augmenter nos richesses astronomiques, en découvrant une nouvelle planète, à laquelle il a donné le nom de *Cérès*. Celle-ci est fort petite, et ne peut s'appercevoir qu'avec de fortes lunettes : elle est placée entre Mars et Jupiter, à une distance du soleil de 94 millions de lieues environ ; et elle achève une révolution en 4 ans et 7 mois à peu près. Cette découverte a surpris tous les astronomes, en leur montrant assez près de nous un astre qui jusqu'alors avait échappé à leurs recherches. Mais en voici une autre plus singulière encore que les précédentes. M. d'Olbers, observateur à Brême, a trouvé, il y a un an environ, une neuvième planète également placée entre Mars et Jupiter, à peu près à la même distance du soleil que la planète de Piazzi, et employant près d'un mois de plus pour faire sa révolution. Deux planètes placées à des distances égales de l'astre central, sont un phénomène entièrement nouveau, et qui peut donner lieu à des résultats fort extraordinaires et absolument imprévus. Il est vrai que ces deux planètes se meuvent dans des plans très-différents, et que leur *excentricité* n'est pas non plus la même. Mais il doit

malgré cela arriver un jour qu'elles soient très-près l'une de l'autre ; et il sera curieux d'observer alors les effets qui résulteront de cette grande proximité.

Les astronomes allemands, d'après quelques observations sur les rapports des distances des planètes au soleil, avaient conclu qu'il manquait une planète entre Mars et Jupiter, et semblaient la demander. Leur vœu est aujourd'hui plus que rempli, puisqu'au lieu d'une planète, il y en a deux. Pour accorder la chose, on a dit que ce n'était là qu'une planète en deux pièces.

Je dois les détails que l'on vient de lire, à la complaisance de M. de Lambre, secrétaire perpétuel de l'institut pour la section des sciences physiques et mathématiques. Je saisis ici cette occasion pour offrir à cet estimable et illustre savant l'hommage de ma vénération et de ma reconnaissance.

Pag. 216. (z) M. Herschel a observé en 1797 des tâches sur le *disque* de Saturne, et il a reconnu que cette planète tournait sur elle-même en 10 heures 16 minutes. M. Vidal de Mirepoix soupçonne que Mercure a une face plus brillante que l'autre, et qu'il tourne sur lui-même ou en 16 heures, ou en 48 heures. Cette incertitude vient de la difficulté des observations.

Pag. 228. (z*) Une largeur de 16 à 18 degrés suffisait pour le *Zodiaque* avant la découverte de M. d'Olbers : car toutes les planètes connues jusqu'alors s'écartent très-peu de l'écliptique, et leurs orbites peuvent être renfermées dans cet espace. Mais la planète de M. d'Olbers marche dans un plan incliné à ce cercle de 35 degrés. Il faut donc ou laisser cette planète hors du zodiaque, ou donner au zodiaque plus de 70 degrés de largeur, pour qu'il puisse renfermer l'orbite de cette nouvelle planète.

Pag. 250. (a') Les derniers *passages* de Vénus ont été observés en 1761, et en 1769. Le dernier est celui dont l'observation a le mieux réussi. Des astronomes furent

envoyés dans différentes parties de la terre, au fort du prince de Galles sur la baie d'Hudson, à l'île de Taiti dans la mer du sud, dans la Californie, au château Wardhus extrêmité la plus septentrionale de la Laponie, et dans les Indes orientales. Quelques observateurs furent contrariés par le temps. Mais il y eut pourtant assez de bonnes observations, pour pouvoir en conclure la parallaxe du soleil à très-peu de chose près, et telle que M. de Lalande l'a calculée. Il n'y aura plus de passage de Venus sur le soleil, jusqu'à l'année 1874.

Pag. 263. (*a**) L'*impulsion* communiquée dans l'origine aux planètes, n'aurait produit en elles qu'un mouvement de translation, si la direction du choc avait passé par le centre: mais cette impulsion ayant passé à quelque distance de ce point, il a dû en résulter en outre un mouvement de *rotation* plus ou moins rapide. Ainsi le même choc a pu produire dans les planètes le double mouvement dont elles sont animées. Mais il faut observer que ces deux mouvemens sont tout-à-fait indépendants l'un de l'autre; le premier étant proportionnel à la force de l'impulsion; et le second, à la quantité dont elle s'est écartée du centre. Ainsi une planète peut marcher avec beaucoup de vitesse autour du soleil, et tourner sur elle-même avec lenteur: l'on a pu remarquer en effet qu'il n'y a aucun rapport constant entre la vitesse de rotation des planètes, et la durée de leur révolution autour du soleil. Jean Bernoulli a trouvé que si l'impulsion primitive qui a mis la terre en mouvement dans l'espace, a passé loin du centre du globe, d'une quantité égale à un cent cinquantieme du rayon, notre terre a dû prendre les deux mouvemens que nous lui avons reconnus.

Pag. 267. (*b'*) On dit de deux choses qu'elles sont en *raison inverse*, ou *réciproque*, lorsque l'une venant à augmenter ou diminuer, l'autre diminue ou augmente de la même manière. Ainsi la vitesse d'un courier est en raison

inverse du temps ; parce que moins il lui a fallu de temps pour parcourir un espace donné, plus il est allé vite. Une chose est en raison inverse du *quarré* d'une autre, lorsque le quarré de celle-ci augmentant ou diminuant, celle-là diminue ou augmente en même raison. Par exemple, la lumière que nous recevons d'un point lumineux est en raison inverse du quarré de notre distance à ce point lumineux : à deux pieds de distance on reçoit non pas deux fois seulement, mais quatre fois moins de lumière qu'à un pied ; parce que les rayons s'écartent en tout sens. L'attraction suit la même loi.

Pag. 278. (c') M. Cavendish a fait, il y a peu d'années, une expérience remarquable, pour prouver cette *attraction* mutuelle des corps terrestres. Il a suspendu à l'extrémité d'un long fil un fléau horisontal, ayant près de huit pieds de longueur, et portant à chaque bout un petit globe de métal. Au moyen d'une vis, dont le mouvement était très-doux et très-égal, il a fait approcher de chacun de ces globes, deux boules de plomb d'un pied de diamêtre, et de manière qu'elles pussent agir dans le même sens. Aussi-tôt le fléau s'est mis en mouvement pour se porter vers les boules de plomb, et a fait des *oscillations* très-sensibles. Tout l'appareil était enfermé dans une cage de verre ; de sorte que le mouvement n'a pu être produit par aucun courant d'air, et qu'il a été nécessairement l'effet d'une attraction mutuelle.

Page 291. (*d'*) Quoiqu'il soit certain que la terre, vue de loin, dût nous présenter un grand nombre de *taches*, les unes plus claires, les autres plus obscures ; il n'en est pas moins vrai cependant que l'apparence qu'offrirait le globe terrestre dans ce cas, serait différente à plus d'un égard de celle que nous offre la lune. En effet, on remarque sur la surface de cette planète, une multitude de cavites qui ont toutes une forme ovale ou circulaire, et dont quelques-unes dans la pleine lune, réfléchissent

beaucoup de lumière, et sont plus brillantes que le reste de la surface. Il ne paraît pas que nos grandes vallées, vues dans l'éloignement, pussent nous offrir ce grand éclat, et sur-tout cette uniformité, cette espèce de régularité. On les verrait sans doute affecter toute sorte de figures, et serpenter sur la surface du globe, comme les grands fleuves qui les ont formées. D'un autre côté, les nuages qui s'élevent fréquemment au dessus de la terre, feraient varier sans cesse le nombre et la disposition de ses *taches*; tandis que celles de la lune sont toujours les mêmes, et en même nombre. Il y a donc une grande différence physique entre le globe terrestre et son satellite. Il n'a pas été possible de former encore aucune conjecture probable sur la nature et l'origine des cavités et des *taches* de la lune.

Pag. 292. (*e'*) Les inégalités du globe de la lune ne sont bien sensibles, qu'autant que nous voyons obliquement la partie éclairée par le soleil, c'est-à-dire, quelques jours avant et après la pleine lune; parce qu'alors les ombres ont plus d'étendue, et peuvent servir ainsi à faire distinguer les élévations et les cavités. Dans la pleine lune, la partie éclairée étant en face de nous, les inégalités disparaissent parce qu'on ne voit plus d'ombre: l'on ne peut plus y reconnaître ni montagnes, ni vallées, mais seulement des parties plus claires, et d'autres plus obscures.

Pag. 296. (*f'*) Quoique l'existence de l'*atmosphère* de la lune ne soit pas une chose démontrée, cependant la plupart des astronomes l'admettent, au moins par analogie: on en a même calculé la hauteur; et l'on a trouvé que la partie la plus dense de cette atmosphère, ne pouvait guère avoir que 266 toises. Herschel donne aussi une atmosphère à Vénus, et il la suppose très-dense. M. de Plantade, en 1736, a apperçu autour de Mercure un anneau lumineux, qui était dû sans doute à l'atmosphère de cette planète. Le père Béraud a vu le même anneau en 1752.

Pag. 297. (*g'*) C'est à cause de cela que M. Lalande a proposé de trouver la *longitude* en mer, en prenant la distance du bord de la lune à quelque belle étoile, peu éloignée de l'écliptique. Cette distance pour un moment donné, est différente d'après la différence des longitudes. Elle est calculée d'avance pour Paris, et pour tous les jours de l'année, de trois en trois heures.

Pag. 301. (*h'*) On a représenté la trace de la lune dans l'espace, comme une courbe qui serpente le long de l'orbite de la terre. On a comparé cette planète à une chaloupe, qui voguant à la suite d'un navire, passerait alternativement de l'avant à l'arrière, et de la droite à la gauche, en se tenant toujours à peu près à la même distance.

Pag. [illegible] (*i'*) On peut voir les *phases* et les différentes positions de la lune pendant une révolution *synodique*, dans la figure 35e, laquelle n'a pas besoin d'explication.

Pag. 312. (*l'*) Ce soupçon a été confirmé par les dernières découvertes de M. Herschel, qui a reconnu que les *satellites* de Jupiter, et le cinquième de Saturne tournaient aussi sur eux-mêmes, dans le même temps qu'ils font une révolution autour de leur planète.

Pag. 314. (*k'*) On désignait par ces mots le nombre qui indiquait l'année courante du *cycle luni-solaire* de 19 ans. Ce nombre était gravé tous les ans sur la place publique d'Athènes en caractères d'or, d'où lui est venu son nom.

Page 325. (*m'*) Si *E C*, (*fig.* 36e) représente une portion de l'écliptique, et *L P* une partie de l'orbite de la lune, *N* sera le *nœud*, ou l'intersection des deux orbites : et maintenant si l'on suppose que la latitude des points *a* et *b* est de 64 minutes, il arrivera une éclipse de lune, si au moment de l'*opposition*, la lune se trouve quelque part entre *a* et *b*; et l'éclipse sera totale, si elle est entre *c* et *d*, ces deux points n'étant supposés qu'à 30

minutes de l'écliptique. Il faut observer que le centre de l'ombre de la terre est toujours sur quelque point de *E C*, et qu'en supposant que la pleine lune arrive entre *a* et *b*, ce centre est aussi alors nécessairement placé entre *A* et *B*. Quant aux éclipses du soleil, il est évident qu'elles ne peuvent avoir lieu que sur une moindre étendue de l'orbite lunaire, puisque le diamètre du soleil est toujours beaucoup plus petit que le diamètre de l'ombre terrestre. Il n'y aura point d'eclipse totale de soleil pour Paris, de tout le siecle présent.

Pag. 326. (*n'*) La lumière du soleil éprouve, pendant tout le temps que cet astre est sur l'horison, des variations très-considérables, auxquelles nous fesons peu d'attention. M. Bouguer a trouvé, par expérience, que de dix mille rayons qui pourraient venir du soleil à nous, s'ils ne rencontraient point notre atmosphère, nous n'en recevons réellement que cinq, lorsque le soleil est à l'horison; deux mille environ, quand il est à sept degrés de hauteur, et huit mille, lorsque son élévation est de 70 degrés. Ainsi dans ce dernier cas, la lumière est 1600 fois plus abondante, qu'au moment du lever ou du coucher du soleil.

Pag. 341. (*o'*) Un boulet de canon fait ordinairement 150 toises dans une seconde. Le son parcourt dans le même temps 173 toises. Un point de l'équateur terrestre fait près de 250 toises par chaque seconde de temps. La terre avance dans son orbite de 6 lieues et demie par seconde : mais toutes ces vîtesses, qui nous paraissent si grandes, sont bien peu de chose, en comparaison de la vîtesse de la lumière, qui dans une seconde parcourt environ 66 mille lieues.

Pag. 346. (*p'*) Cette estimation a été réformée par M. de la Place. Cet illustre savant, dont les travaux et les profondes recherches ont servi à perfectionner toutes les branches de l'astronomie, assigné à la planète de la lune une masse qui est à peu près la 59e partie de la masse du

du globe terrestre. Il a obtenu ce résultat en comparant les actions que le soleil et la lune exercent sur nos mers pour produire le phénomène du *flux* et *reflux*.

Pag. 358. (*q'*) Ce que l'on a dit ici sur les *comètes* est le sentiment général des astronomes. Cependant quelques savants ont encore à ce sujet des difficultés qui fatiguent leur esprit, et empêchent qu'ils ne soient entièrement satisfaits du système reçu. Cette multitude de corps solides, errants, pour ainsi dire, à l'aventure dans les espaces célestes, s'approchant quelquefois du soleil, de manière à être accablés par l'abondance de sa lumière, et s'en éloignant ensuite au point d'en recevoir à peine quelques rayons, leur semble contrarier l'idée de sagesse et de régularité que présente par-tout le systême du monde. Mais ils sont bien moins satisfaits encore, quand on leur dit que ces globes, entraînés comme par une puissance aveugle, peuvent rencontrer dans leur chemin quelqu'une des planètes de notre systême, et la jeter hors de la route qu'elle suit autour du soleil. Tout en convenant que nous ne connaissons ni la nature des corps célestes, ni le motif de leur existence, il ne paraît pas croyable que dans un ensemble aussi beau, dans un ouvrage aussi parfait, il existe une pareille cause de désordre et de destruction. On a beau dire que cet événement est très-peu probable, et qu'il ne doit, pour cette raison, inspirer ni crainte ni inquiétude. Il suffit, disent-ils, qu'il soit possible, pour qu'il arrive quelque jour, et peut-être bientôt. Les astronomes observent encore que certaines étoiles ont disparu; ce qui suppose dans les régions du ciel des événemens aussi désastreux que ceux dont il est ici question. Ils répondent à cela, que l'on ne peut rien dire sur ce qui se passe si loin de nous; et qu'il n'en est pas moins difficile d'admettre, que notre terre puisse un jour être heurtée par une comète, et réduite, pour ainsi dire, en poudre. Il est certain que cette possibilité répugne trop

avec l'idée de l'ordre et de l'équilibre, que l'Intelligence suprême a établis dans cet univers; et l'on peut présumer qu'il y a encore, au sujet des comètes, quelques choses inconnues, que le temps et l'observation pourront un jour nous apprendre.

Fig. 1



Fig. 2

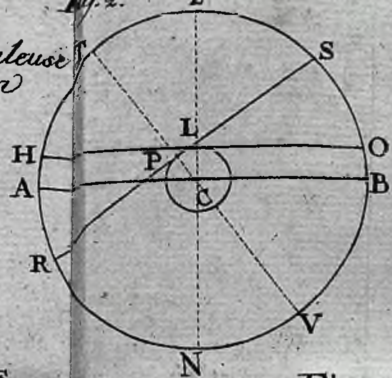


Fig. 3

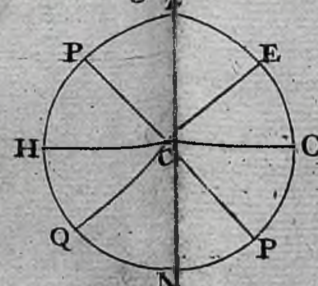


Fig. 4

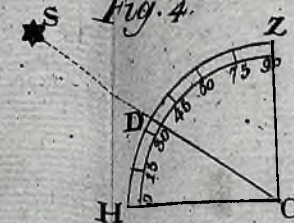


Fig. 5

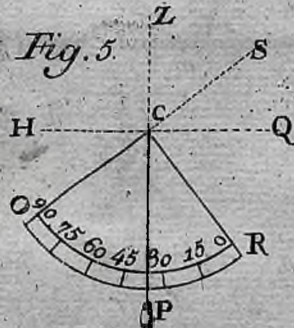


Fig. 6

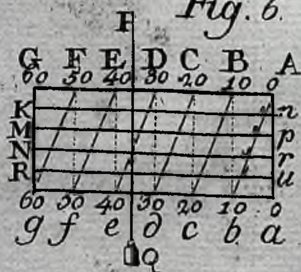


Fig. 7

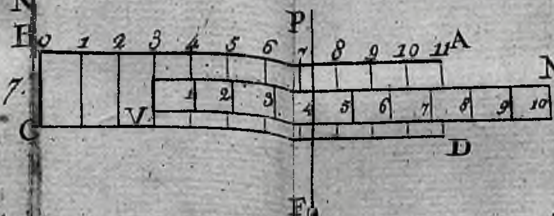


Fig. 8

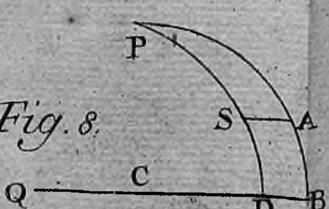


Fig. 9

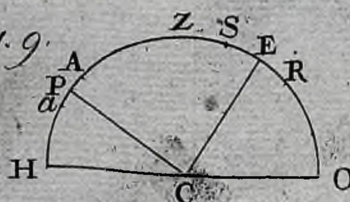


Fig. 10

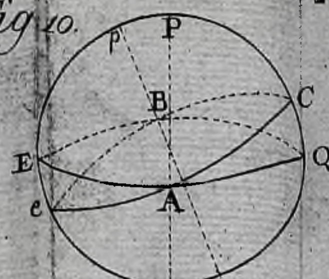
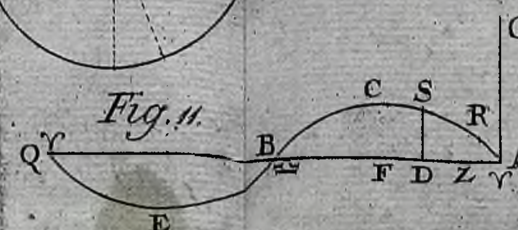


Fig. 11



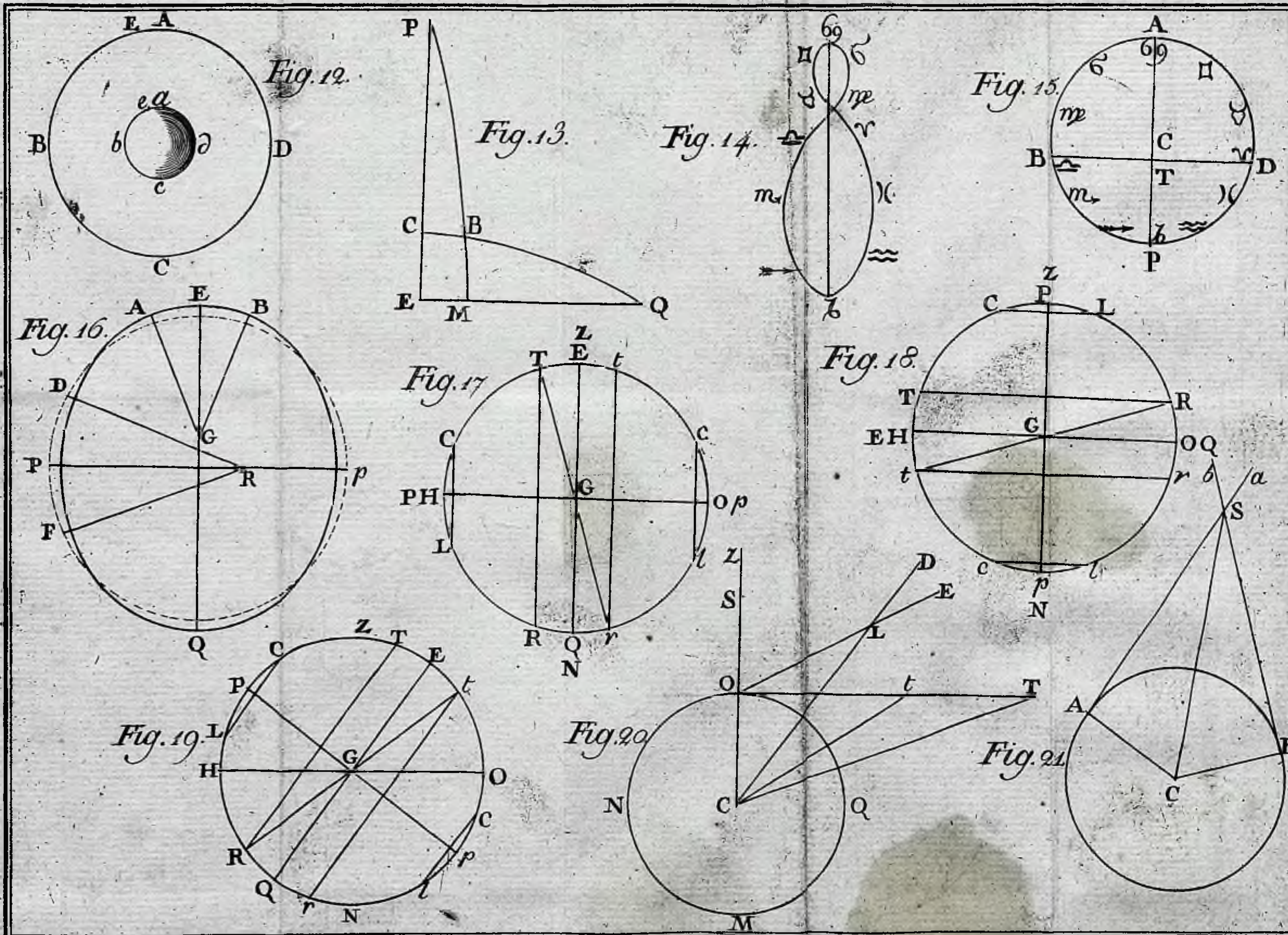

Fig. 12.
Fig. 13.
Fig. 14.
Fig. 15.
Fig. 16.
Fig. 17
Fig. 18.
Fig. 19.
Fig. 20
Fig. 21.



Fig. 22.

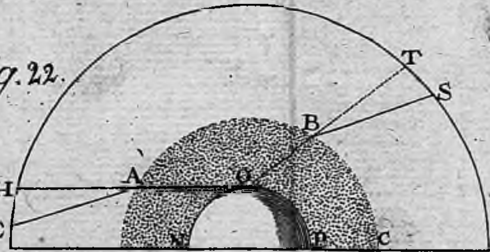


Fig. 23.

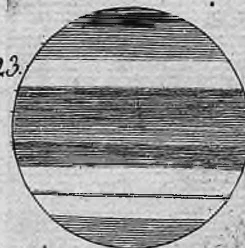


Fig. 24.

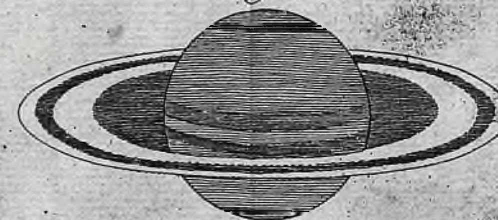


Fig. 25.

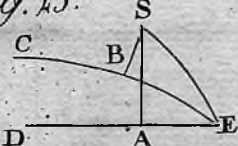


Fig. 26.

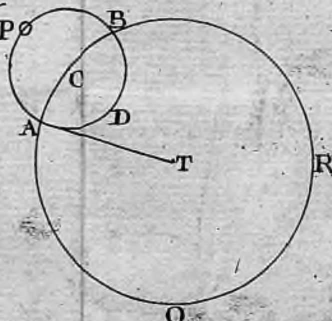


Fig. 27.

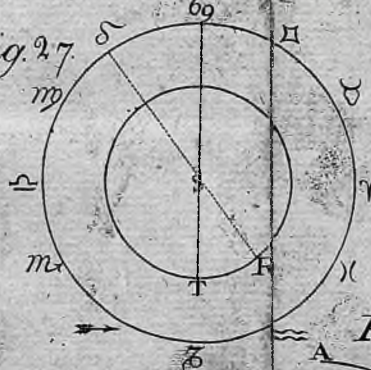


Fig. 28.

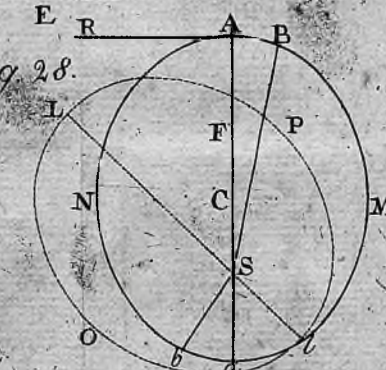


Fig. 29.

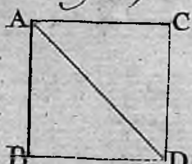


Fig. 30.

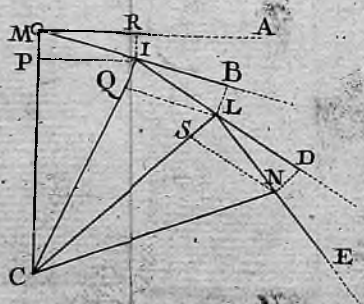


Fig. 31.

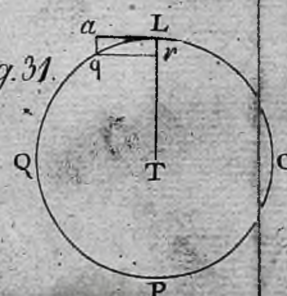


Fig. 32.

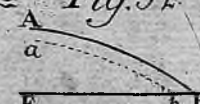
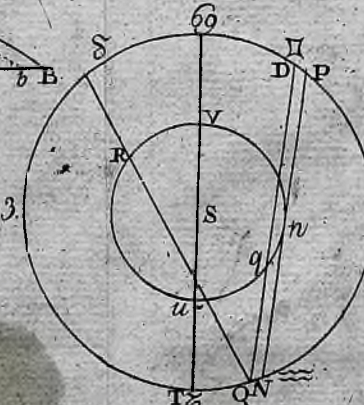


Fig. 33.



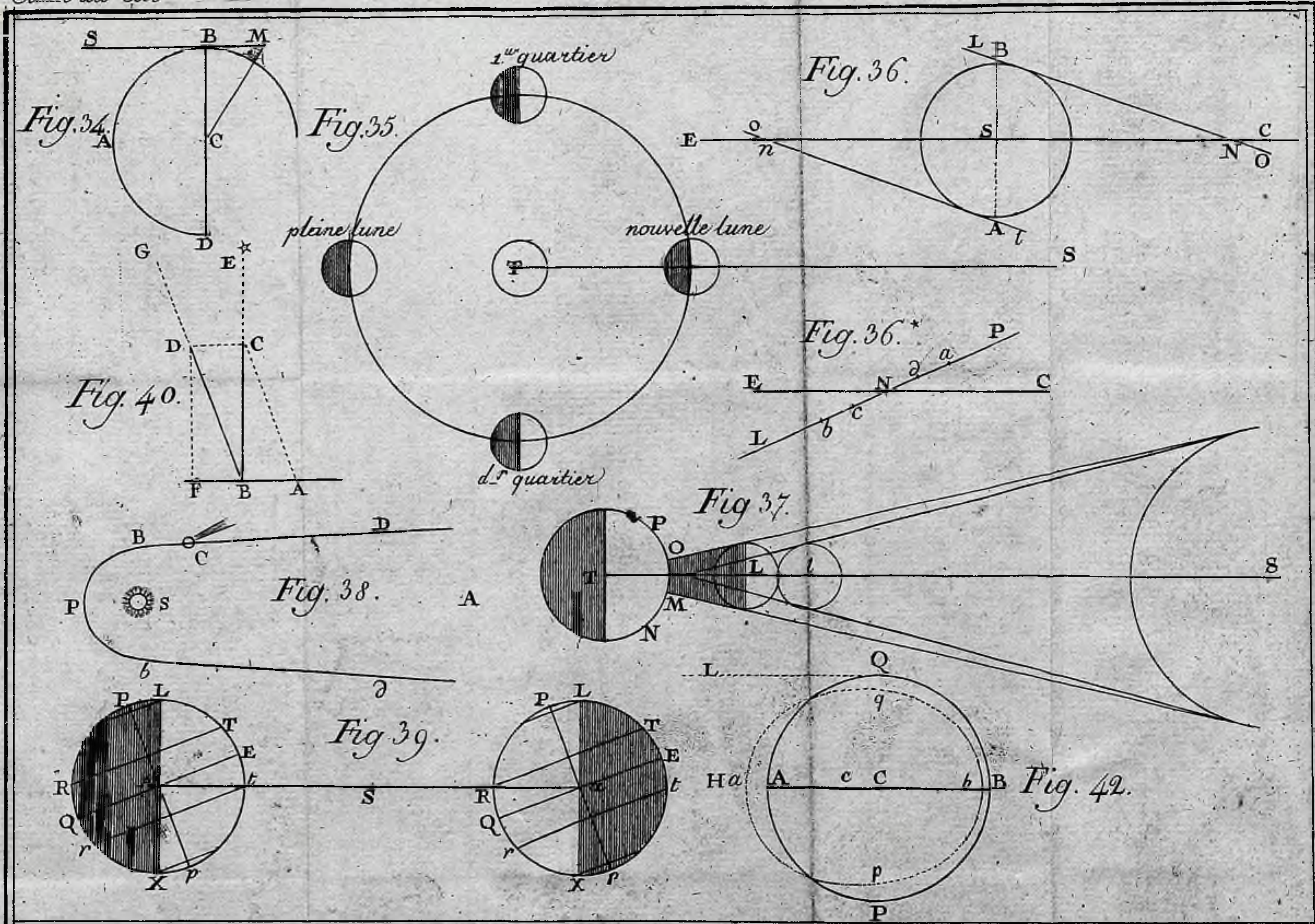
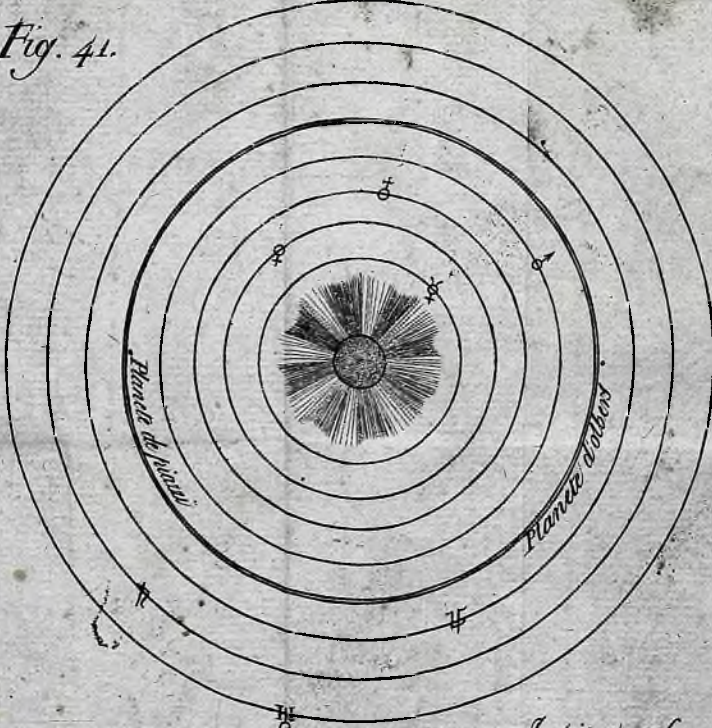
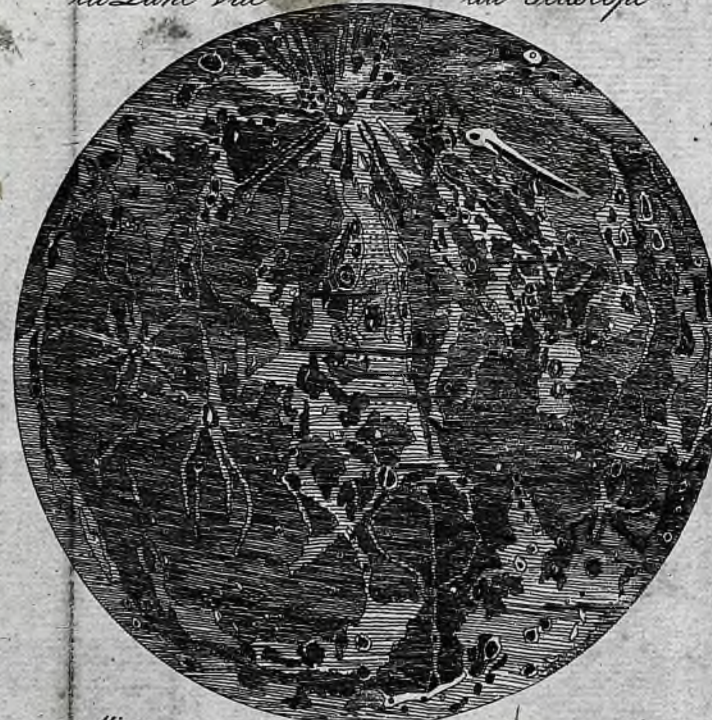

Fig. 34.
S B M
A C
D
Fig. 35.
1.er quartier
pleine lune
T
nouvelle lune
d.r quartier
Fig. 36.
L B
E o n S C N O
A l
S
Fig. 36.*
P a ∂ E N C c b L
Fig. 40.
G E D C F B A
Fig. 37.
P O T L l S M N
Fig. 38.
B C D P S A b ∂
Fig. 39.
P L T E R t S Q r X p
Fig. 42.
L Q q H a A c C b B p P

Fig. 41.



la Lune vue au Télescope



Jupiter et ses quatre satellites



Fig. 44.

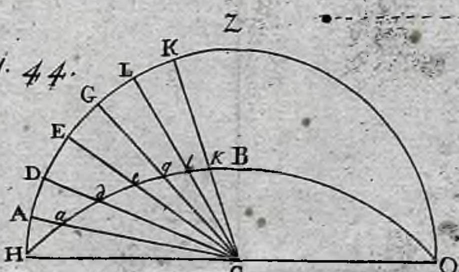
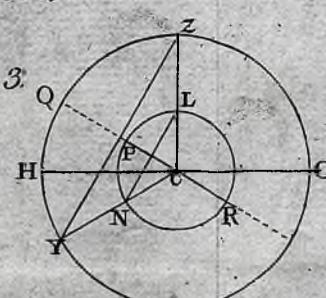


Fig. 43.



Planisphère Céleste Présentant toutes les Constellations Visibles à Lyon

